

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN**



**Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de  
una Red de Telecomunicaciones a Escala Nacional**

Autor: **Daniel Homobono Peralta**

Tutor: **Daniel Diaz Sanchez**

Tutor Empresa: **Andrés Ambrosio Racic**



## AGRADECIMIENTOS

Completada esta etapa de mi vida, me gustaría mencionar y reconocer aquí a aquellas personas que han hecho todo esto posible.

En primer lugar agradezco a mi madre, que sin su eterno optimismo cuando las cosas fueron peor no estaría aquí. Gracias Ma.

A mi padre, que gracias a su ilusión, comprensión y consejos he podido estar donde estoy ahora. Gracias Pa.

A mis tutores Andrés, Dani y Gus por permitirme realizar este proyecto, en el que he podido además, iniciar mi carrera profesional. Gracias por vuestro apoyo, entrega y dedicación.

A mi yayi, por todo, y a los que se fueron, también.

A Ana, Miguelón, Raquel, Silvia y mis tíos por el todo el cariño que me habéis dado desde siempre.

A Lourdes por aguantarme. Gracias Rubi.

A mis *hermanos de Erasmus*, Arancha, Carol y Salva por vuestra amistad en todo momento.

Por supuesto, no puedo dejar de nombrar aquí, a Gema, Juanlu, Javi, Leti, Lydia, Vero y Unai. Siempre habéis estado ahí. Gracias.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Y como no, a los del “salir, beber, el rollo de siempre” que si bien no han ayudado a hacer la carrera más corta, si que la han hecho sido más divertida. Ya sabéis quien sois, gracias a todos.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

## RESUMEN

La evolución de las tecnologías de la información y de la comunicación hacen necesaria la constante evolución de los sistemas que usamos para dicho fin. Para grandes corporaciones, la migración de una tecnología a otra más novedosa presenta un gran reto, ya que cada vez más, todo su negocio está digitalizado y todas sus comunicaciones se hacen usando medios electrónicos. Dicha razón crea la necesidad de buscar formas de migrar de tecnología sin perder conectividad.

Este proyecto busca ilustrar la migración de una gran corporación, que actualizará su red de comunicaciones a un sistema más moderno potente que el anterior. Propondremos un estudio de ingeniería desde el punto del análisis de las posibilidades y el diseño de la arquitectura, pero sin perder de vista las necesidades del cliente.

A lo largo de este documento mostraremos las ventajas de actualizar una red de comunicaciones obsoleta a un sistema moderno de comunicaciones integradas, pero también los riesgos y necesidades que hemos encontrado a lo largo del diseño. Se dejará fuera del análisis, la implantación de la misma, aunque si se recogerán aquellos puntos de la implantación que haya que tener en cuenta a la hora de diseñar el sistema.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

## ABSTRACT

The evolution of information technologies and communications make necessary the constant evolution of the telecommunication systems and infrastructures. For big corporations, migrations from one technology to the next and more advanced one, presents a huge challenge. Nowadays, business run over a digitalized world and main communications are made using electronic ways. When a company change its communication systems, it is not allowed to loss connectivity while the migration.

This project will show the evolution of the network of a big Corporation, which will move forward until a modern and powerful communication system. The study done during this project is focused on the analysis and on the design of a telecommunication network from the point of view of an engineer's work.

This document shows the advantages that present new networks, and the advantages of moving from an old fashion network to a modern one. However, as every migration presents a risk, needs and risk of the migration will be also evaluated. The implementation of the network will be left out of analysis, because it is not the objective of this project. However, the study will include those works of implementation which represents a difference in the design.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

## INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	1
RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	4
INDICE.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	11
INTRODUCCIÓN .....	15
2.1 OBJETIVOS .....	16
2.2 METODOLOGÍA.....	17
2.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA .....	18
ESTADO DE LA CUESTIÓN .....	21
2.1 INTRODUCCIÓN .....	21
2.2 REDES DE TELECOMUNICACIONES.....	22
2.3 REDES DE TELEFONÍA .....	23
2.4 REDES DE DATOS .....	26
2.4.1 PRIMEROS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS.....	26
2.4.2 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS TRADICIONALES .....	27
2.4.3 REDES DE ÁREA LOCAL .....	28
2.4.4 TOPOLOGÍAS DE REDES DE DATOS.....	30
2.4.5 REDES DE ÁREA ÁMPLIA (WAN) .....	32
2.4.6 PROTOCOLOS PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS .....	36
2.4.7 REDES PRIVADAS VIRTUALES.....	46
2.3 REDES CONVERGENTES .....	48
2.3.1 TELEFONÍA.....	48

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

2.3.2 DATOS Y OTRAS COMUNICACIONES .....	48
2.3.3 REDES DE SIGUIENTE GENERACIÓN (NGN) .....	49
2.4 SERVICIOS DE TELEFÓNICA.....	50
2.4.1 RED DE TRANSPORTE NACIONAL .....	50
2.4.2 SERVICIO MACROLAN.....	51
2.5 DEFINICIONES DE TECNOLOGÍAS RELEVANTES EN EL PROYECTO.....	53
2.5.1 MULTI-VRF. VIRTUAL ROUTING AND FORWARDING .....	53
2.5.2 SRST. CISCO UNIFIED SURVIVABLE REMOTE SITE TELEPHONY .....	53
2.5.3 TFTP. TRIVIAL FILE TRANSFER PROTOCOL .....	54
2.5.4 HSRP. HOT STANDBY ROUTER PROTOCOL .....	54
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL (DATOS) .....	57
3.1 OBJETIVOS DEL CAPÍTULO .....	57
3.2 VISIÓN GENERAL DE LA RED INICIAL .....	57
3.3 ARQUITECTURA DE INTERCONEXIÓN ENTRE PROVINCIAS .....	59
3.4 ARQUITECTURA DE CENTRALES DE INTERCONEXIÓN .....	61
3.4.1 TUNELES DE RESPALDO O BACKUP .....	63
3.5 ARQUITECTURA POR PROVINCIAS .....	65
3.5.1 ARQUITECTURA RED PROVINCIAL EN TOLEDO .....	65
3.5.2 ARQUITECTURA REDES DE PROVINCIAS.....	69
3.5.3 ARQUITECTURA RED INDEPENDIENTE EN TOLEDO.....	71
3.6 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS .....	72
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL (VOZ) .....	75
4.1 OBJETIVOS DEL CAPÍTULO .....	75
4.2 VISIÓN GENERAL DE LA RED INICIAL .....	75

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional



4.3 ARQUITECTURA DE INTERCONEXIÓN ENTRE PROVINCIAS .....	76
4.3.1 SEDES CON TELEFONÍA IP .....	76
4.3.2 SEDE CON CENTRALITA .....	77
4.3.3 SEDES SIN CENTRALITA.....	77
4.4 ARQUITECTURA POR PROVINCIAS .....	77
4.4.1 SISTEMA DE TELEFONÍA IP .....	78
4.4.2 SISTEMA DE CENTRALITAS TDM.....	78
4.4.3 SALIDA DIRECTA A LA RTB .....	79
4.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS .....	79
DISEÑO DE LA RED DE DATOS .....	81
5.1 OBJETIVOS DEL CAPÍTULO .....	81
5.2 VISIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN PARA LA RED DE DATOS.....	82
5.3 LA RED MALLADA MPLS .....	84
5.3.1 CAUDAL METROPOLITANO EN MACROLAN .....	84
5.3.2 CALIDAD DE SERVICIO EN SERVICIO MACROLAN .....	85
5.4 TIPOS DE SEDE EN SERVICIO MACROLAN.....	87
5.4.1 SEDES TIPO A .....	88
5.4.2 SEDES TIPO B .....	90
5.4.3 SEDES TIPO C .....	91
5.4.4 SEDES TIPO D.....	93
5.4.5 SEDES TIPO E .....	94
5.4.6 SEDES TIPO F .....	96
5.5 CAUDALES NACIONALES EN SERVICIO MACROLAN .....	97
5.6 DISEÑO DE LA MIGRACIÓN .....	98

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

5.6.1 PASARELAS DE INTERCONEXIÓN .....	99
5.6.2 RED ATM INTERCONECTADA CON RED MPLS MEDIANTE LAS PASARELAS.....	102
5.7 DETALLE DEL DISEÑO PROPUESTO.....	104
5.7.1 DETALLE DE LA ARQUITECTURA VIRTUAL DE LA RED.....	105
5.7.2 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE ROUTING.....	106
5.8 FLUJOS DE TRÁFICO EN LA RED DISEÑADA .....	124
5.8.1 FLUJOS DE TRÁFICO EN LA RED CORPORATIVA .....	124
5.8.2 FLUJOS DE TRÁFICO PARA ORGANISMOS AUTÓNOMOS.....	130
5.8.3 FLUJOS DE TRÁFICO PARA ACCESOS REMOTOS.....	131
5.8.4 FLUJOS DE TRÁFICO EN UNA SITUACIÓN DE CONTINGENCIA.....	133
DISEÑO DE LA RED DE VOZ.....	135
6.1 OBJETIVOS DEL CAPÍTULO .....	135
6.2 VISIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN PARA LA RED DE VOZ .....	136
6.3 TIPOS DE SEDE EN SERVICIO DE TELEFONÍA IP.....	139
6.3.1 SEDES CENTRALES .....	139
6.3.2 SEDES REMOTAS CON ACCESO DIRECTO A LA RTC .....	140
6.3.3 SEDES REMOTAS SIN ACCESO DIRECTO A LA RTC .....	140
6.4 DETALLE DEL DISEÑO PROPUESTO.....	141
6.4.1 GESTOR DE LLAMADAS.....	141
6.4.2 SISTEMA DE MENSAJERÍA.....	143
6.4.3 TARIFICADOR.....	144
6.4.4 GATEWAYS .....	145
6.4.5 ARQUITECTURA DE SEDES.....	146
6.4.6 INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE ÁREA LOCAL .....	157

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

6.5 ADAPTACIÓN LOS PARÁMETROS DE LA RED DE DATOS .....	161
6.5.1 TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD.....	161
6.6 FLUJOS DE TRÁFICO EN LA RED DISEÑADA .....	165
6.6.1 SITUACIÓN NORMAL EN LLAMADAS CORPORATIVAS INTRAOFICINA .....	166
6.6.2 SITUACIÓN DE CONTINGENCIA EN LLAMADAS CORPORATIVAS INTRAOFICINA .....	167
6.6.3 SITUACIÓN NORMAL EN LLAMADAS INTEROFICINA.....	168
6.6.4 SITUACIÓN DE CONTINGENCIA EN LLAMADAS INTEROFICINA .....	169
6.6.5 SITUACIÓN NORMAL LLAMADAS OFF-NET .....	170
6.6.6 SITUACIÓN DE CONTINGENCIA EN LLAMADAS OFF-NET .....	171
6.6.7 CONVIVENCIA CON LA NGN .....	172
PROCESO DE MIGRACIÓN .....	175
7.1 PROCESO DE MIGRACIÓN DE RED DE VOZ Y DATOS.....	175
7.1.1 ELECCIÓN DEL CAUDAL EN LAS PASARELAS .....	176
7.1.2 ACTORES DURANTE EL PROCESO DE MIGRACIÓN Y TRABAJOS RELATIVOS .....	180
PRESUPUESTO .....	183
8.1 COSTE DEL MATERIAL.....	183
8.2 COSTE DE HONORARIOS.....	184
8.3 PRESUPUESTO TOTAL.....	186
HISTORIA DEL PROYECTO .....	187
9.1 FASE 1: FAMILIARIZACIÓN CON LA EMPRESA .....	187
9.2 FASE 2: FAMILIARIZACIÓN CON LOS SERVICIOS DE TELEFÓNICA.....	188
9.3 FASE 3: FAMILIARIZACIÓN CON EL PROYECTO.....	189
9.4 FASE 4: INTRODUCCIÓN AL DIA A DIA DEL PROYECTO .....	189
9.5 FASE 5: INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE REDES .....	190

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

9.6 FASE 6: INTRODUCCIÓN A LA IMPLANTACIÓN DE REDES .....	190
9.7 OPINIÓN PERSONAL .....	191

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Caudales Metropolitanos y Nacionales Agregados en MacroLAN .....	52
Ilustración 2: Arquitectura Lógica por Provincia .....	58
Ilustración 3: Arquitectura de la Red Interprovincial .....	60
Ilustración 4: Circuitos Virtuales entre Centrales.....	61
Ilustración 5: Arquitectura En Centrales Provinciales .....	62
Ilustración 6: Túnel de Respaldo .....	64
Ilustración 7: Circuitos Dedicados GigaBitEthernet.....	66
Ilustración 8: Arquitectura Sede Industrial .....	68
Ilustración 9: Interconexión ATM y MacroLAN en las Sede Industrial .....	69
Ilustración 10: Central Telefónica Provincial.....	70
Ilustración 11: Interconexión de Sedes con la Central Telefónica de la Provincia.....	71
Ilustración 12: Arquitectura Red Independiente en Toledo .....	72
Ilustración 13: Sedes Conectadas Usando la Red MPLS.....	83
Ilustración 14: Arquitectura de las Pasarelas de Interconexión en Provincias .....	100
Ilustración 15: Arquitectura de la Pasarela de Interconexión en la Sede Industrial.....	101
Ilustración 16: Arquitectura de Interconexión entre la red ATM y la red MPLS .....	103
Ilustración 17: Routing en Sedes Con Doble Acceso y Doble EDC .....	111
Ilustración 18: Routing en Sedes Con Acceso Simple y EDC Único .....	112
Ilustración 19: Routing en Sedes con Acceso Principal de Fibra Óptica y Respaldo por ADSL .	113
Ilustración 20: Routing en Sedes con Acceso de Fibra Óptica y Respaldo ADSL con un Único EDC .....	115
Ilustración 21: Routing en Sedes Con Acceso ADSL .....	116

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Ilustración 22: Routing en la Red Corporativa .....	116
Ilustración 23: Routing en los Organismos Autónomos.....	118
Ilustración 24: Routing en Accesos Remotos .....	120
Ilustración 25: Diseño General de la Arquitectura del Routing de Interconexión de Redes ....	121
Ilustración 26: Routing en Pasarelas de Provincias.....	122
Ilustración 27: Routing en la Pasarela de la Sede Industrial .....	123
Ilustración 28: Flujos de Tráfico de Voz .....	125
Ilustración 29: Flujos de Tráfico de Voz entre Sedes de redes ATM y MPLS .....	127
Ilustración 30: Flujos de Datos en la Red MPLS Diseñada.....	128
Ilustración 31: Flujos de Datos en la Red MPLS y la Red ATM .....	130
Ilustración 32: Flujos de Datos para Organismos Autónomos .....	131
Ilustración 33: Flujos de Datos para Accesos Remotos.....	132
Ilustración 34: Flujos de Tráfico en una Situación de Contingencia.....	134
Ilustración 35: Arquitectura del Diseño de la Red de Telefonía.....	137
Ilustración 36: Arquitectura de Sede Central de Alta Disponibilidad Sin Gateway.....	147
Ilustración 37: Arquitectura de Sede Central de Alta Disponibilidad con Gateway.....	148
Ilustración 38: Arquitectura de Oficina IP Básica .....	149
Ilustración 39: Arquitectura de Oficina IP con Acceso Redundado .....	150
Ilustración 40: Arquitectura de Oficina IP Estándar .....	151
Ilustración 41: Arquitectura de Oficina Estándar Con Respaldo Degradado .....	152
Ilustración 42: Arquitectura de Oficina IP de Alta disponibilidad .....	153
Ilustración 43: Arquitectura de Oficina IP con Acceso Totalmente Diversificado .....	154
Ilustración 44: Arquitectura de Oficina IP con Acceso Totalmente Diversificado y Gateway...	155
Ilustración 45: Arquitectura de Oficina de Alta disponibilidad Con EDC Redundante y Gateway .....	156

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Ilustración 46: Arquitectura de Oficina de Alta Disponibilidad con doble EDC/GW .....	157
Ilustración 47: Flujos de Tráfico de Voz Intraoficina .....	166
Ilustración 48: Flujos de Tráfico de Voz Intraoficinas en Situación de Contingencia.....	167
Ilustración 49: Flujos de Tráfico de Voz en Llamadas Interoficina .....	168
Ilustración 50: Flujos de Tráfico en Situación de Contingencia para Llamadas Interoficina.....	169
Ilustración 51: Flujos de Tráfico en Llamadas Off-Net .....	170
Ilustración 52: Flujos de Tráfico de Voz para Llamada Off-Net en Situación de Contingencia .	171
Ilustración 53: Flujos de Tráfico entre Dos Usuarios del Servicio NGN.....	173
Ilustración 54: Flujos de Tráfico de Señalización en NGN .....	173
Ilustración 55: Situación en la Red con Solo una Sede Migrada .....	177
Ilustración 56: Situación en la Red con el 50% de las Sedes Migradas .....	177
Ilustración 57: Exponencial de Tráfico en las Pasarelas en Función de Número de Sedes migradas.....	178
Ilustración 58: Reducción Tráfico en Pasarelas Migrando Ordenadamente.....	178
Ilustración 59: Figuras Presentes en la Migración .....	181

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional



# CAPITULO 1

---

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto de fin de carrera describe parte de un proyecto desarrollado en el ámbito de la empresa privada en el sector de las telecomunicaciones, concretamente en Telefónica España, y que continúa en desarrollo actualmente.

El proyecto consiste en la migración de una red de telecomunicaciones perteneciente a un cliente privado y gestionada por Telefónica. El objetivo es dotar de un nuevo sistema de comunicaciones adaptado a las necesidades expuestas por el cliente.

La constante evolución de las tecnologías y sistemas de comunicación hacen que las redes se queden atrás y requieran evoluciones. En algunos casos, se requieren mejoras que pueden ser soportadas por tecnologías o infraestructuras antiguas a base de modificaciones o pequeños cambios. En el caso descrito en este documento, se trata de una evolución completa, cambiando desde las infraestructuras, tecnologías y filosofía de la red.

Además de la evolución tecnológica y la presión social por estar a la cabeza de los cambios tecnológicos, el proyecto se motiva en razones económicas. En una situación de crisis como la que vivimos, la reducción de los gastos fijos se vuelve una obsesión en casi todos los organismos ya sean públicos o privados. Las nuevas tecnologías permiten compartir de forma segura infraestructuras, evitando tener que mantener redes gigantescas para un solo cliente. Con los nuevos sistemas se consigue no solo tener mejor calidad de servicio, sino que las sinergias y el aumento de las eficiencias hacen que los costes se reduzcan drásticamente.

El principal reto que supone la migración de esta red, y por lo que necesita una exhaustiva labor de ingeniería, es el tamaño de la misma. Dicha red cuenta con presencia en varias provincias de la geografía española, además de una sede en el extranjero. Esto hace que la

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

labor de planificación de los trabajos sea esencial para evitar cortes en la comunicación o que algunas secciones queden aisladas unas de otras.

En una migración tan ambiciosa como la que se aborda en este documento, es esencial la comunicación entre las secciones migradas y no migradas. El tiempo estimado para el despliegue de la totalidad de la red es de tres años, tiempo en el que existirán sedes que hayan sido migradas y otras que esperen su turno. La interconexión entre ambos mundos es fundamental para evitar tener dos redes independientes durante el tiempo que dure la etapa de transición de la antigua red a la nueva, que llamaremos situación intermedia.

Esta interconexión requiere un gran esfuerzo tanto en la planificación y diseño como en el despliegue de infraestructuras, que serán creadas únicamente para este periodo de tiempo. Durante el proceso de migración, se crearán pasarelas para que las sedes migradas puedan comunicarse con aquellas que esperan ser evolucionadas.

Para cubrir los requisitos expuestos por el cliente, se ha diseñado un sistema en base a los servicios comerciales de Telefónica para grandes cuentas. Estos servicios se apoyan fundamentalmente en la red de transporte nacional de Telefónica, controlada y gestionada por dicha empresa y que permite la interconexión física de manera segura y garantizando la calidad de servicio de todo tipo de accesos a lo largo del territorio nacional. Dicha red, permite la compartición del medio físico, mientras se separa en diferentes redes de manera lógica.

El resultado final será una red corporativa que satisfaga las necesidades de comunicación del cliente, ya sean voz o datos, dotándola además, de los elementos de seguridad necesarios para garantizar la protección e integridad de su información.

## 2.1 OBJETIVOS

El objetivo del trabajo realizado es estudiar la mejor solución posible para las comunicaciones de un cliente real. Para ello, se mostrarán las etapas más relevantes para el diseño de una red de comunicaciones integradas, en las que se incluirán:

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

- Análisis de la situación inicial de las comunicaciones del cliente.
- Presentación de las necesidades del cliente.
- Evaluación de las posibles soluciones, incluyendo equipos e infraestructura.
- Diseño del nuevo sistema.
- Despliegue.

El trabajo a realizar, comprende el trabajo de muchas personas encargadas de tareas dispares. Estas van desde la dirección del proyecto, el análisis de la viabilidad financiera, análisis técnico, diseño de la solución o trabajo de campo abarcando el despliegue y montaje del equipamiento, además de labores comerciales y de trato con el cliente.

La descripción exhaustiva del trabajo de cada área se hace inabarcable. Es por eso que este proyecto se centra en la visión del ingeniero dentro de este tipo de acciones. El grueso del proyecto se enfoca por tanto en el análisis y el diseño de la solución técnica. Quedan de fuera del alcance del mismo, análisis de estrategias comerciales, evaluaciones económicas así como otras labores técnicas referidas a la instalación de equipos.

Se pretende además con este proyecto, mostrar a la comunidad universitaria la manera de trabajar en grandes empresas del sector de las telecomunicaciones cuando se presenta un proyecto de grandes dimensiones.

## 2.2 METODOLOGÍA

La metodología de trabajo que se ha seguido en el desarrollo de este proyecto sigue un proceso clásico en el que primero se realiza un diagnóstico, es decir un estudio conjunto con el cliente acerca de las características del proyecto y su problemática. En este paso se adquiere todo el conocimiento del problema a solucionar y en el cual el cliente da a conocer su visión del problema y expone las características del proyecto en el que está interesado en trabajar.

Una vez conocido el proyecto, y lo que es más importante, el problema, se llega a la etapa del análisis. En este punto se desarrolla un estudio de la situación de inicial de la red del cliente con un pormenorizado estudio de sus elementos y características.

Tras analizar la situación de la red del cliente e identificar las carencias de la misma y las necesidades del cliente que no son cubiertas por dicha red, se recomienda una solución basada en los productos comerciales de Telefónica.

Con la etapa del análisis completada, se llega a una propuesta de un proyecto nuevo, diseñado usando los productos comerciales de Telefónica. Este proyecto es una mejora del servicio existente pero implantado por nuevas tecnologías. Toda esta propuesta es redactada con una descripción y estimación del proyecto a desarrollar, que es presentada al cliente para su aprobación.

Una vez que el cliente ha aprobado la propuesta del nuevo diseño de red, se pone en marcha el despliegue de la red diseñada. Esta etapa lleva consigo un seguimiento estrecho y constante del cumplimiento de plazos y objetivos, redactados en la presentación al cliente.

## 2.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

La memoria se estructura en capítulos con el siguiente contenido:

- En el Capítulo 2, “Estado de la Cuestión” Se analiza la evolución de las Telecomunicaciones en lo que se refiere a modo de uso de las mismas y a las posibilidades ofrecidas por las diversas tecnologías existentes.

Además, se introducen algunas tecnologías que serán relevantes en el proyecto, y los servicios de Telefónica sobre los que se va a apoyar el diseño.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

- En el Capítulo 3, “Análisis de la Situación Inicial (Datos)” Se hace un extenso análisis de la red del cliente antes de comenzar el proyecto. Este análisis cubre las tecnologías y sistemas utilizados por la red a migrar y servirá de punto de partida para el diseño de una nueva red de datos.
- En el Capítulo 4, “Análisis de la Situación Inicial (Voz)”, al igual que en el capítulo 3, en este capítulo se hace un análisis de la situación de la red de voz del cliente antes de comenzar el proyecto. Este análisis cubre las tecnologías y sistemas utilizados por la red a migrar y sirve de punto de partida para el análisis de las necesidades no cubiertas por dicha red de telefonía.
- En el Capítulo 5, “Diseño de la Red de Datos”, se realiza el diseño de la red de datos. El diseño está enfocado en la migración de la red antigua a una red basada en el protocolo MPLS. Para ello, el diseño se apoyará en los servicios comerciales de telefónica para grandes empresas.

Durante este capítulo, se analizarán diferentes tipos de sedes con diferentes tipos de enlace para poder cubrir las necesidades del cliente de una manera eficiente.

- En el Capítulo 6, “Diseño de la Red de Datos”, se realiza el diseño de la red de voz. El diseño está enfocado en la migración de la antigua red de telefonía hacia un sistema de telefonía IP. El diseño se apoya en los servicios comerciales de Telefónica para grandes empresas.
- En el Capítulo 7, “Proceso de Migración” se realiza el diseño de la migración de la red. Este capítulo recoge la manera de operar a la hora de implantar los diseños realizados en los Capítulos 5 y 6. La migración está diseñada para que ningún punto de la red quede incomunicado durante el tiempo que dure el proceso de migración.
- En el Capítulo 8, “Presupuesto” se cubre la parte económica del proyecto académico, es decir, el coste del ingeniero que realiza el estudio así como el coste derivado del

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

trabajo realizado por los directores del proyecto. Se incluye además, el coste de los materiales utilizados para llevar a cabo el proyecto.

- En el Capítulo 9, “Historia del Proyecto” se describe lo que ha sido la realización del proyecto académico. De describen las fases desde la incorporación a la empresa hasta la finalización del estudio 6 meses después.

# CAPITULO 2

---

## ESTADO DE LA CUESTIÓN

### 2.1 INTRODUCCIÓN

La comunicación es un elemento esencial para la vida del el ser humano. En el último siglo, la forma en que nos comunicamos ha cambiado drásticamente. Desde la invención del telégrafo eléctrico en el siglo XIX, que permitía enviar mensajes con contenido desde un lugar a otro por medio de impulsos eléctricos, se da por comenzada la era de las telecomunicaciones [1] [2].

Más tarde, otros inventos como el teléfono, diseñado por Antonio Meucci en 1871, hicieron que las personas cambiaran una vez más su forma de comunicarse entre ellos. La aparición del teléfono acortaba las distancias y los tiempos para comunicarse. Ya no era necesario recorrer largas distancias para llevar un mensaje de voz, simplemente con descolgar, era posible acceder a personas y lugares al otro lado del mundo [3].

Posteriormente, otros inventos fueron allanando el camino hacia las comunicaciones de datos. A principios del siglo XX surge el teletipo, que permitía enviar texto impreso mediante una máquina de escribir conectada a relés mecánicos.

Fue poco después cuando se definió por primera vez el término de telecomunicación. Sucedió durante la reunión conjunta de la XIII Conferencia de la Unión Telegráfica Internacional, en Madrid durante el septiembre de 1932. Su definición exacta fue: "*Telecomunicación es toda transmisión, emisión o recepción, de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos*". Esta definición sigue vigente hoy en día [3].

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Otros inventos nos han guiado hasta las comunicaciones modernas. Uno de estos elementos revolucionarios fue el modem. Una versión primitiva de este artefacto permitía ya en los años 60 la transmisión de datos entre computadoras. En los años siguientes se comenzaron a definir los primeros protocolos de transmisión de paquetes así como la aparición de las redes de ordenadores, bases de las arquitecturas modernas. Todos estos avances llevan a la aparición primero de la red ARPANET, creada por el departamento de defensa de los estados unidos, y posteriormente a lo que actualmente se denomina Internet [4] [5] [6].

En los últimos años han surgido nuevos modelos de redes, así como diferentes tecnologías que incrementan las capacidades de transporte de las redes y mejoran la experiencia del usuario de las mismas. En este capítulo se va a hacer un análisis de las tecnologías de comunicación existentes.

## **2.2 REDES DE TELECOMUNICACIONES**

Son múltiples los tipos de redes y tecnologías existentes en el mundo de las telecomunicaciones. En este capítulo vamos a repasar algunas de las tecnologías más usadas en comunicaciones de voz y datos.

Comenzaremos repasando los sistemas de telefonía tradicionales, para posteriormente ir avanzando paulatinamente hacia los sistemas que han surgido a lo largo de los años desde su descubrimiento hasta hoy. Se hará hincapié en las redes de telefonía y datos privadas ya que son el objeto de este proyecto.

Después de analizar los sistemas de telefonía existentes, se pasará al estudio de las posibilidades que ofrecen las redes de datos, así como las tecnologías más importantes de este ámbito. Al igual que en el caso de la voz, se profundizará en las redes de datos privadas.

Por último, se estudian las redes convergentes, es decir, las redes que son capaces de transmitir comunicaciones tanto de voz como de datos. Se analizarán los sistemas más importantes que han surgido en estos sistemas de telecomunicaciones.



## 2.3 REDES DE TELEFONÍA

Después de la invención del teléfono, y de que algunos años después, En 1876, Bell patentara el teléfono, se comenzó el despliegue de las primeras redes comerciales de telefonía. Estas, se vendían por pares de cobre conectados a una red con topología punto a punto. A continuación, se analizan los sistemas más comunes en redes de telefonía [3].

### 2.3.1 REDES DE TELEFONÍA TRADICIONALES

Los primeros sistemas de telefonía creados, usaban pares de cobre conectados a una red con topología punto a punto. Estos primeros sistemas dieron paso a lo que conocemos como Red Telefónica Conmutada (RTC) o Red Telefónica Básica (RTB) [1].

La RTC es una red diseñada para la transmisión de voz, y aunque en los últimos años se haya utilizado para la transmisión de datos, como en el caso del fax o de conexiones a Internet a través de un módem acústico, este no fue su objetivo en su diseño inicial.

En la telefonía clásica, los terminales de la red, es decir, los teléfonos, se conectan con una central de conmutación mediante un único canal. Este canal es compartido por auricular y micrófono. La señal producida por el micrófono se propaga sin modular, es decir, en banda base a través del par de cobre que une terminal y central de conmutación [1].

Las señales de control de la red, que en este caso son descolgar, marcar y colgar, circulan por el mismo par de cobre que la voz. Estas señalizaciones, en los inicios de la red telefónica, se conseguían mediante aperturas del bucle de abonado. Posteriores evoluciones del sistema de señalización han permitido que en la actualidad, las operaciones de señalización se realicen mediante tonos que el terminal envía a la central telefónica mediante el propio par de cobre [1].

En las últimas décadas, los sistemas de telecomunicación han ido digitalizándose progresivamente. Esta tendencia llevó a que las centrales telefónicas comenzaran a utilizar sistemas digitales. Sin embargo, la dificultad y el elevado coste de cambiar todos los bucles de

abonado a un sistema digital hicieron que este último siga siendo analógico en muchos casos [1].

El hecho de que en una misma red de telefonía, los terminales sean analógicos, y el núcleo de la red digital, hacen que sean necesarios conversores analógico-digitales entre terminales y centrales. Hay muchas técnicas para la digitalización de la voz, en el caso inicial, y que se mantiene hoy en muchos sistemas, la técnica elegida fue la de modulación por impulsos codificados, usando una frecuencia de muestreo de 8 KHz y 8 bits. Para digitalizar la voz en las centrales, la señal es filtrada, muestreada y codificada. El proceso se invierte en la central destino cuando la señal digital tiene que convertirse en analógica para alcanzar el terminal destino [1].

En definitiva, la red actual de telefonía conmutada ofrece las siguientes características y elementos para los usuarios [7]:

#### **Bucle de Abonado**

Es un circuito formado por un par de cobre que permite la transmisión de señales analógicas en banda base de 4 KHz, y que llega hasta el terminal.

#### **Cobertura de Red**

La red telefónica básica permite tener acceso a cualquier usuario de la red en cualquier parte del mundo.

#### **Interconexión con Red Móvil**

La RTB permite la conexión con la red de telefonía móvil, así como con otras redes.

#### **Coste y Facturación**

En general, el coste de una llamada depende de la distancia entre los terminales y de la duración de la misma. La facturación tradicional se hacía en función a estos parámetros, aun

que en la actualidad se tiende hacia nuevos modelos basados en tarifas planas y otros contratos.

### **2.3.2 REDES DE TELEFONÍA PRIVADAS TRADICIONALES**

El impacto del teléfono en la forma en que se comunicaban las personas produjo un cambio en la cultura de mediados del siglo XX, sobre todo cuando el teléfono comenzó a llegar a la gran mayoría del público. Esta tendencia en la comunicación impulsó el teléfono no solo en los hogares sino también en las empresas, que hicieron pronto del teléfono una herramienta de trabajo esencial.

Debido a esta tendencia en las comunicaciones, surgieron las redes de telefonía privadas. Estas redes no son más que una subcentral telefónica perteneciente al cliente, que es capaz de gestionar las llamadas internas, dentro de las dependencias del cliente, y gestionar la salida hacia la central telefónica pública. Este tipo de centrales se denominan PBX, del inglés Private Branch Extensión [8].

Las PBX son dispositivos instalados en las sedes del cliente, conectados a la red pública y que consiguen gestionar las llamadas internas sin necesidad de pasar a través de la red telefónica básica. Además, son capaces de gestionar llamadas hacia la red pública de teléfonos internos, y llamadas de teléfonos pertenecientes a la red pública hacia la red privada [8].

La principal ventaja de esta configuración es el ahorro de costes. Las llamadas internas serán gestionadas por la PBX del cliente, luego no serán facturadas. Además de esto, los enlaces al exterior estarán optimizados. Esto quiere decir, que se asume que no todos los usuarios de la red van a realizar una llamada externa al mismo tiempo, luego no se requiere un enlace al exterior por cada usuario. Este ahorro de enlaces con la red pública supone un ahorro económico [9].

Además de la económica, las PBX modernas presentan otras ventajas para los usuarios. Algunas de ellas aparecen en la siguiente lista:

- Extensiones de marcación corta.
- Transferencia de llamadas de una extensión a otra.
- Restricciones de llamadas.
- Comunicación totalmente privada.
- Multiconferencia.
- Llamada en Espera.
- Número Telefónico Único.

En la actualidad, las PBX son en general digitales, con un software ejecutándose en un computador. Estos programas hacen las labores de las centralitas analógicas, permitiendo además la incorporación de diversos servicios a los usuarios [8].

## **2.4 REDES DE DATOS**

La posibilidad de transmitir la voz de un lugar a otro del planeta en tiempo real, y la infraestructura desarrollada para dicho fin permitió el desarrollo de los primeros sistemas comerciales de transmisión de datos.

Estos sistemas han evolucionado mucho desde su invención y se han hecho pieza fundamental tanto para el mundo de los negocios como para la vida privada de las personas. A continuación se describen algunos de estos sistemas, mencionados aquí por su relevancia.

### **2.4.1 PRIMEROS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS**

El que se considera como el primer sistema comercial de transmisión de datos fue patentado por Xerox Corporation en 1964 y se conoce actualmente como fax, abreviación de facsímil. Esta máquina era capaz de transmitir una imagen escaneada a través de la línea telefónica, convirtiéndola en un mapa de bits. Una impresora al otro lado de la red, capaz de reconocer el mapa de bits creado por el fax emisor, imprimía el documento [10].

En la actualidad, y a pesar de que hace unos años el fax estuviera presente en casi todas las empresas y administraciones, está perdiendo peso. La alternativa de transmisión de datos que ha ganado efectivos ha sido Internet.

A pesar de Internet, las máquinas de fax aun conservan algunas ventajas sobre las transmisiones por Internet, sobre todo en lo que a seguridad se refiere. Es por eso, que estas máquinas de fax siguen estando presentes en algunas corporaciones y administraciones públicas, aunque en general, integradas en servidores de fax, capaces de almacenar la información en formato digital. Estos servidores de fax permiten opciones adicionales como la del envío como correo electrónico una vez se ha recibido el fax [10].

#### 2.4.2 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS TRADICIONALES

La evolución de la tecnología de las comunicaciones llevó al desarrollo de sistemas más eficientes y cómodos para la transmisión de datos. Comercialmente, fue a mediados de los años 80 cuando apareció el modem. Este dispositivo, permitía la transmisión de archivos de datos a través de la red telefónica básica y que en sus inicios contaba con velocidades de unos 1200 bps. La evolución de los sistemas de transmisión de datos hizo que pronto se alcanzarán tasas de 56 kbps [11].

Con el paso de los años, han ido apareciendo otros sistemas de transmisión de datos, como el RDSI o el xDSL, que permiten velocidades superiores pero que continúan transmitiendo sus señales a través de la red telefónica básica [11].

Los sistemas RDSI o Red Digital de Servicios Integrados, utilizan transmisión analógica en la comunicación con las centrales telefónicas de la RTB. Con estos sistemas se alcanzan velocidades de hasta 2 Mbps en su conexión a través de pares de cobre [11].

Los sistemas basados en xDSL, como el ADSL, del Inglés Asymmetric Digital Subscriber Line, surgen para optimizar el par de cobre en redes de telefonía en las que se quiere transmitir datos. Esta tecnología de transmisión permite alcanzar velocidades superiores a los 20 Mbps [11].

### 2.4.3 REDES DE ÁREA LOCAL

Una red de área local, también conocidas como LAN, por sus iniciales en inglés, Local Area Network, es una interconexión entre varios dispositivos. En general, cuando se habla de LAN, se limita su dimensión al recinto de un edificio, en un entorno no superior a 200 metros [12].

Las redes de área local se han popularizado junto con el uso de las computadoras. El aumento de la demanda de conexiones para compartir información entre distintos dispositivos en organismos y empresas ha hecho que su uso hoy esté extendido a casi cualquier lugar [13].

Para el mundo empresarial, la principal ventaja de las LANs, es que permite la compartición de información. Una LAN permite compartir programas, bases de datos, correo electrónico, periféricos y cualquier otro recurso que se configure en la LAN. Además, permite la configuración de sistemas distribuidos para repartir las tareas entre varios nodos [13].

Este tipo de configuraciones consigue ahorrar tiempo, ya que la información se comparte rápidamente, y también dinero, derivado de la compartición de dispositivos hardware.

Las características generales de las redes de área local se listan a continuación [14]:

- Medio de transmisión compartido para las máquinas que forman la LAN.
- Varios tipos de medio de transmisión. Es habitual encontrar LANs de pares de cobre, cables coaxiales o fibra óptica.
- Tecnología broadcast<sup>1</sup> a través del medio compartido.
- Medio privado de transmisión.
- Extensión no superior a 3 km.

---

<sup>1</sup> Broadcast. Tecnología de difusión.

- Conexión de dispositivos de diferente tipo.
- Compartición de dispositivos.
- Interconexión con otras redes.

Los elementos que forman las LANs son variados y desempeñan funciones diferentes. A continuación se describen algunos de los elementos que aparecen en las redes de este tipo [14].

- **Medio**

El medio por el que se propaga la información está constituido por el cableado y los conectores. Habitualmente, el cableado son pares de cobre, coaxial o fibra óptica. Las topologías de interconexión de dispositivos mediante el cableado se explican en el punto 2.4.4 de este mismo capítulo.

- **Gateways**

Los Gateways son elementos hardware que hacen de pasarelas entre distintas redes. Su software es capaz de traducir del protocolo de una red al protocolo de otra.

- **Servidores**

Los servidores son dispositivos hardware y software que controlan recursos compartidos de diferente índole. Ofrecen desde almacenamiento, hasta potencia de cálculo o la gestión de accesos a recursos compartidos o seguros.

- **Tarjetas de red**

Las tarjetas de red, también denominadas NIC por sus siglas en inglés, Network Interface Card, hacen de interfaz entre los ordenadores y demás dispositivos de la red y la LAN.

- **Dispositivos**

Los dispositivos que se conectan en la actualidad a las LANs son variados. Desde ordenadores, hasta periféricos que son compartidos por todos los usuarios de la red como pueden ser impresoras o servidores de FAX.

#### 2.4.4 TOPOLOGÍAS DE REDES DE DATOS

Las redes de datos permiten el uso de una gran variedad de arquitecturas. En cuanto a topologías de la red, es decir, la manera que se interconectan físicamente los nodos de la misma, aparecen diseños en árbol, anillo, estrella o esquemas mallados. Existen muchas más topologías de cableado, aquí se han incluido una descripción de las más relevantes para el proyecto [15].

- **Topología en Bus [16]**

En redes de área local (LAN) la topología de cableado en bus conecta cada nodo a un único cable que se denomina bus. Cada ordenador, servidor o elemento de la red, se conecta al bus. Es por este bus por el que se transmite la señal en ambas direcciones hacia todas las máquinas conectadas.

La información viaja por el bus hasta que alcanza el destino indicado en los datos. Cuando la información llega hasta una máquina a la que no va dirigido el paquete de datos, esta simplemente ignora dicha información.

La principal ventaja de esta arquitectura es el bajo coste de la misma, sin embargo, la gestión de la red por parte de las máquinas involucradas no es sencilla. Hay que controlar las colisiones que se producen cuando varias máquinas escriben en el bus al mismo tiempo. Otra desventaja de las arquitecturas en bus, es que al existir un único cable que une todas las máquinas, esta topología presenta un único punto de fallo.

- **Topología en Árbol [16]**



En este tipo de topologías, existe un nodo central o raíz. Este nodo raíz es el de mayor grado jerárquico y se conecta a uno o más nodos del siguiente nivel jerárquico. Estos nodos del segundo nivel, se conectarán a su vez a uno o más nodos del nivel siguiente hasta llegar a los nodos terminales u hojas.

Los enlaces entre nodos son, en general, enlaces punto a punto. Cuando un nodo recibe un paquete de datos, comprueba si se dirige hacia él. Si no es así, enviará el paquete de datos en la rama que corresponda en función del destino. Cada nodo necesita por tanto, conocer en que nodos se alcanzan por cada una de sus ramas.

- **Topología en Estrella [16]**

En redes de Área Local, se denomina arquitectura en estrella a la topología mediante la cual, cada nodo está conectado a un nodo central. De esta manera, todo el tráfico de la red, atraviesa el punto central, donde se localiza la inteligencia de red para distribuir la información hasta su destino.

En este tipo de arquitecturas, en general, se cuenta con enlaces punto a punto entre los nodos y el nodo central.

Una de las ventajas de esta arquitectura es la simplicidad de diseño e implementación. Sin embargo, al centralizar todo el tráfico en un único punto, este representa un único punto de fallo ante hipotéticas averías.

- **Topología en Anillo [17]**

Esta topología de cableado presenta una conexión circular en la que cada nodo se conecta a otros dos nodos, de manera que todos los nodos de la red quedan unidos de forma circular.

La información viaja de un nodo hasta el siguiente, que actúa como repetidor del anterior. Cuando un nodo recibe un paquete de datos, comprueba si se dirige hacia él, si no es así, lo envía al siguiente nodo del anillo, que ejecutará la misma operación.

#### - **Topología de Malla [16]**

En arquitectura de redes, las topologías malladas son las que representan mayor fiabilidad ya que cada nodo se conecta con varios más, y por tanto no existe ningún punto único de fallo.

Las múltiples conexiones entre nodos hacen que la complejidad en el diseño de los protocolos de transmisión de datos aumente. Además, el coste de la red, depende del número de conexiones entre nodos. Para una red totalmente mallada, es decir, aquella en la que cada nodo está conectado mediante un enlace punto a punto con el resto de nodos de la red, es proporcional a la ecuación de la ley de Reed:

$$\text{Número de Enlaces en Red Totalmente Mallada} = n(n - 1)/2$$

Donde n, representa el número de nodos de la red mallada.

Este tipo de redes presentan una alta fiabilidad, y es por eso que la tendencia en transmisión de datos es hacia este tipo de topologías. El elevado coste de las infraestructuras hace que el diseño de una red privada totalmente mallada para un único cliente sea inviable. Gracias a tecnologías virtuales de compartición de medios, que veremos más adelante en este capítulo, es posible compartir infraestructuras entre usuarios, manteniendo la independencia de las redes virtuales que recorren la red. [15]

#### **2.4.5 REDES DE ÁREA ÁMPLIA (WAN)**

Una red de área amplia o WAN por sus iniciales en inglés, Wide Area Network, es una red de ordenadores capaz de cubrir distancias grandes que en ocasiones llegan a cubrir distancias que superan los 1000 km [14].

Una WAN facilita el servicio a extensiones amplias de terreno que pueden cubrir una provincia o incluso países enteros. En general son redes de conmutación de paquetes en las que la

interconexión se hace por varios medios que van desde el cableado hasta el uso de radio para la interconexión de nodos [15].

Internet, es un ejemplo de WAN a nivel mundial, pero también existen WANs privadas, construidas en general por empresas de telecomunicación para corporaciones u organismos públicos. Estas WANs son de uso privado para el cliente que la adquiere y proporciona interconexión entre los nodos a los que une [15].

Existen varias opciones de diseño en cuanto a conexiones de una red de área extendida. Estos criterios van desde conseguir la mejor solución técnica u optimizar los costes del sistema. A continuación se muestran algunos de los criterios que se pueden seguir a la hora de crear una red de área extendida [18].

#### **2.4.5.1 LINEA ALQUILADA**

En lo que se refiere a WANs privadas, una de las modalidades más usadas por los clientes es el alquiler de una línea punto a punto. Esta línea la alquila el cliente a un proveedor de telecomunicaciones, que le facilita una línea simétrica para conectar dos o más puntos de su red [15].

Estas líneas pueden ser usadas para diferentes propósitos, como puede ser el transporte de comunicaciones de voz, datos, video o incluso el acceso a Internet.

La principal ventaja de las líneas alquiladas es la seguridad. La línea va a ser usada en exclusiva por el cliente que la alquila, por lo tanto es difícil que la información se interceptada o modificada. Como contrapartida está el precio del alquiler que el cliente debe abonar a su proveedor de comunicaciones [15].

#### ***2.4.5.2 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS***

La conmutación de circuitos es una técnica que consigue crear un circuito punto a punto entre los nodos a interconectar. Es el sistema usado por la red de telefonía tradicional, y se basa en la reserva de los recursos necesarios de transmisión y de conmutación de la red para el uso dedicado de los nodos que interconecta durante toda la duración de la conexión. Para los terminales que interconecta es transparente y actúan del mismo modo que si les uniera una línea dedicada [15].

Este tipo de sistemas requieren tres pasos para su correcto funcionamiento. Antes de comenzar a transmitir la información, sea del tipo que sea, se requiere el establecimiento del circuito. Para esto, se requiere la conmutación de los circuitos, de manera que se establezca el camino a seguir por la información entre los terminales. Una vez el circuito ha sido establecido, se puede comenzar a enviar la información. Una vez concluida la transmisión, se liberan los recursos previamente reservados para que puedan ser utilizados por otros usuarios. Los nodos en redes de circuitos conmutados necesitan tener la inteligencia necesaria para gestionar la reserva de recursos para las comunicaciones [15].

Una de las ventajas de este tipo de redes frente a los circuitos alquilados es su coste. Al permitir la compartición de recursos, cuando un usuario deja de usar un recurso, otro puede adquirirlo. En el caso de las líneas alquiladas, al ser recursos dedicados, cuando el usuario de la misma, no la utiliza, esta no puede ser usada por otro. Como desventaja, la conmutación de circuitos requiere un tiempo de establecimiento de la conexión para poder comenzar a transmitir [15].

#### ***2.4.5.3 CONMUTACIÓN DE PAQUETES***

La conmutación de paquetes está restringida a redes digitales. En los sistemas de conmutación de paquetes se transmiten unidades de información que siguen una estructura predefinida en las que aparecen los datos a enviar, pero también información relevante a cerca de su destino, contenido o tipo. Estas estructuras se llaman paquetes [15].

En redes de conmutación de paquetes, estos viajan por la red siguiendo caminos que pueden ser diferentes. Esto se debe a que los elementos de la red como routers o switches, eligen el siguiente salto en función de parámetros como la congestión de la red o la disponibilidad de los enlaces [15].

Esta diferencia de caminos, junto con las esperas que se pueden producir en los elementos de la red, que encolan los paquetes esperando a que la línea esté libre para la transmisión, hacen que el tiempo de transmisión entre dos puntos de la red sea variable [15].

Existen dos modalidades de transmisión de datos en conmutación de paquetes, una orientada a conexión y otra no orientada a conexión [14].

En los sistemas orientados a conexión, cada paquete se etiqueta con un identificador de conexión en lugar de una dirección. La información sobre las direcciones solo se transfiere a los nodos de la red mientras dura la conexión. Estos nodos actualizan sus tablas de Routing en función de estas conexiones. El protocolo de señalización permite a las aplicaciones especificar sus requerimientos de conexión como puede ser capacidad de la línea o velocidad de transmisión. El Routing es sencillo, ya que los nodos de la red solo necesitan comprobar el identificador de la conexión y enviarlo por el interfaz especificado en su tabla de Routing. Algunos protocolos orientados a conexión son X.25, Frame Relay o Multiprotocol Label Switching (MPLS) [14].

En los sistemas no orientados a conexión cada paquete se etiqueta con la dirección de la máquina de destino, la información de la máquina origen y el número de puerto. Además, las cabeceras de los paquetes pueden contener información adicional como el número de secuencia del paquete o la prioridad. Esta cabecera es mucho mayor que la de los paquetes orientados a conexión, por lo tanto es menos eficiente. Además, cada paquete puede seguir una ruta diferente y el sistema tiene que hacer el mismo esfuerzo por cada paquete, que el realizado en los sistemas orientados a conexión para establecer la ruta. Algunos protocolos no orientados a conexión son Ethernet o IP [14] [19].

#### **2.4.5.4 CELL RELAY**

Cell Relay es un método de multiplexación estadística para la transmisión de paquetes de pequeño tamaño y fijo. Estos paquetes se denominan celdas. El funcionamiento de Cell Relay es similar al funcionamiento de los sistemas de conmutación de paquetes orientados a conexión [20] [21].

Los sistemas basados en Cell Relay rompen los paquetes de diferentes tamaños de manera que encajen en una celda de la misma longitud. Cuando la información a enviar es de un tamaño superior al permitido por la celda, esta se envía en varias celdas [20] [21].

Los protocolos de Cell Relay son independientes del contenido, y solo abarcan las capas 1 y 2 del modelo OSI<sup>2</sup>. Por tanto, carecen de sistemas de control de flujo ni mecanismos de corrección de errores [20] [21].

Los protocolos que usan Cell Relay permiten velocidades de transmisión que van desde 56 Kbps hasta varios Gbps. Este tipo de protocolos puede ser usado para transmitir información sensible al retardo y al jitter. Un ejemplo de protocolos Cell Relay es ATM [20] [21].

#### **2.4.6 PROTOCOLOS PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS**

Existen multitud de protocolos para la transmisión de datos en los diversos sistemas de comunicaciones existentes. En esta sección se van a estudiar algunos de ellos. Se han elegido estos por su especial relevancia en el proyecto que se ha desarrollado.

##### **2.4.6.1 ETHERNET**

El estándar Ethernet sirve para crear redes de área local definiendo el nivel de enlace de los datos. Dicho estándar permite interconectar computadoras por medio de acceso múltiple al

---

<sup>2</sup> Modelo OSI. Open Systems Interconnection. Define las capas de los protocolos de redes de comunicación.

medio por detección de colisiones (CSMA/CD). En el estándar Ethernet, quedan definidas las características tanto de cableado como de señalización a nivel físico. Las características del formato de las tramas también quedan definidas en el protocolo [14] [22].

Ethernet se ha situado como el protocolo principal del nivel de enlace. Existen varios estándares de esta tecnología con diferencias en la velocidad de transmisión, el tipo de cableado, la longitud máxima por enlace y la topología [14] [22].

La trama Ethernet, cuenta con los siguientes campos [14] [22].

- **Preámbulo**

Es el primer campo e indica el comienzo de la trama, sirva para gestionar la sincronización del dispositivo que recibe la trama.

- **Delimitador de Inicio**

Sirve para indicar que el contenido de la trama comienza a partir de ahí.

- **Dirección**

Contiene la información de la dirección MAC del dispositivo de destino y origen.

- **Etiqueta**

Campo opcional, indica que la trama pertenece a una VLAN o bien la prioridad.

- **EthernetType**

Sirve para indicar el protocolo de Ethernet con el que se ha encapsulado los datos.

- **Payload**

Es el campo donde se transportan los datos.

- **Secuencia de Comprobación o Código de Redundancia Cíclica**

El receptor comprueba la veracidad del código de redundancia, caso de no verificarse el cálculo, la trama es rechazada.

- **Gap**

Es la última parte de la trama y sirve para delimitar el espacio entre tramas.

Ethernet, que en sus inicios se planteó para cubrir las necesidades de redes de área local, ha ido mejorando sus características. Cuando este protocolo alcanzó los 10 Gbps, se comenzó a usar para cubrir redes de área amplia, sector que hasta entonces dominaban los sistemas ATM.

#### ***2.4.6.2 INTERNET PROTOCOL (IP)***

El protocolo de Internet o IP es un protocolo no orientado a conexión que se ha popularizado globalmente para la transmisión de información entre dispositivos. Es un protocolo de transmisión no fiable y con entrega sin garantía [14] [23].

En las redes de datos que usan IP, los datos son enviados en bloques llamados paquetes. En este protocolo, no es necesaria ninguna configuración antes de que una máquina intente comunicarse con otra, ya que no es orientado a conexión. Además, IP funciona bajo la premisa de mejor esfuerzo, es decir, hace lo mejor posible pero no garantiza nada. Tampoco incluye ningún mecanismo para comprobar si un paquete ha alcanzado su destino. Estas características se delegan en niveles superiores en protocolos como TCP<sup>3</sup> [14] [23].

---

<sup>3</sup> TCP. Protocolo de Control de Transmisión



Los datagramas del protocolo IP pueden circular por cualquier camino de la red con independencia de la información que transmitan o de si forman parte de un bloque de información. Al llegar a su destino, los paquetes, que pueden llegar desordenados serán recombinados. Los diversos caminos que pueden tomar los paquetes, son decididos por los nodos de la red de manera dinámica en función de parámetros como la congestión de la red o la disponibilidad de los enlaces [14] [23].

Los paquetes IP están formados por los siguientes campos [14] [23].

- **Versión**

Este campo informa sobre la versión IP que estamos utilizando.

- **Tamaño de la Cabecera IP**

Este campo indica la longitud de las cabeceras de la trama IP.

- **Tipo de servicio**

Indica la calidad de servicio esperado en el tránsito por la red. Sirve para priorizar unos paquetes sobre otros.

- **Longitud total de la trama IP**

Este campo indica la longitud de la totalidad de la trama IP.

- **Identificador de la información**

Su uso se reserva para los casos en los que la información debe ser fragmentada en varias tramas IP. Este campo sirve para la identificación única del grupo de paquetes que portan la información fragmentada. En el destino se usa para la reconstrucción de la información.

- **Flag**

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Este campo lleva información acerca de la restricción o no de los paquetes a ser fragmentados. Si el paquete debe ser fragmentado y este campo indica que no es posible su fragmentación, no se enviará.

- **Tiempo de Vida**

Indica el número de routers que el paquete IP puede atravesar.

- **Protocolo**

Corresponde con el protocolo superior al que se debe entregar el paquete.

- **Control de Cabecera**

Es un campo de comprobación simple, que sirve para detectar errores en la trama tras la transmisión.

- **Dirección de Origen**

32 bits que indica la dirección única de la máquina que envía la información.

- **Dirección de Destino**

32 bits que indica la dirección única de la máquina a la que se dirige la información.

- **Opciones**

Campo no obligatorio. Indica un número indeterminado de opciones del protocolo.

- **Datos**

En este campo es en el que se transporta la información a transmitir.

#### **2.4.6.3 ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM)**

El Modo de Transferencia Asíncrona o ATM es una técnica de conmutación diseñada para unificar redes de ordenadores y sistemas de telecomunicación [24] [25].

ATM usa multiplexación por división en tiempo, codificando pequeñas porciones de información en paquetes de tamaño fijo que se denominan celdas [24] [25].

Este protocolo ofrece servicios del nivel de enlace, y circula sobre la capa física del modelo OSI, teniendo su funcionamiento similitudes al que tienen las redes de circuitos conmutados y las redes de conmutación de paquetes pequeños [24] [25].

ATM se diseñó para dar servicio a sistemas que requieren alto rendimiento como son el transporte de voz o video en tiempo real. Esto se consigue gracias a que ATM presenta un modelo orientado a conexión en el que se establece un circuito virtual antes de comenzar la transmisión. Gracias a este establecimiento de circuito virtual, se pueden reservar recursos asociados a cumplir latencias y retardos [24] [25].

La estructura de las celdas ATM cuenta con 53 bytes en el que sus campos principales son la cabecera y el campo de datos o Payload [24] [25].

- **Cabecera**

Las funciones de la cabecera son la de identificar el canal, informar de errores que se puedan producir en la transmisión e informar acerca de si la celda se usa o no.

- **Payload**

Son únicamente 43 bytes que contienen los datos del usuario.

Las redes ATM se diseñaron para dar soporte a redes de alta velocidad, hasta 622 Mbps. Sin embargo, estas velocidades han sido superadas por otras tecnologías que soportan velocidades de Gbps. En la actualidad, siguen siendo ampliamente usadas en redes de las que se esperan velocidades moderadas, pero la tendencia es sustituir dichos sistemas por otros de mayores prestaciones ante la creciente demanda de velocidades de transmisión mayores [25].

#### ***2.4.6.4 MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING (MPLS)***

El protocolo MPLS, de sus siglas en inglés, Multiprotocol Label Switching es un sistema de transporte de datos estándar. Según el modelo OSI, pertenece a la capa de enlace de datos y la capa de red y se concibió para unificar redes basadas en circuitos y redes basadas en paquetes [26] [27] [28].

MPLS soporta todo tipo de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes. Además, ofrece un servicio orientado a conexión en el que se mantiene un estado de la comunicación entre nodos, así como permite mantener circuitos virtuales [26] [27] [28].

MPLS se fundamenta en el etiquetado del tráfico con independencia de la red sobre la que se implemente y en gestionar la calidad de servicio, priorizando unos paquetes sobre otros en función de este etiquetado [26] [27] [28].

La arquitectura de los sistemas MPLS cuenta con puntos de entrada y salida de la red. Estos puntos se conocen como LER, del inglés, Label Edge Router, e identifican el punto de entrada a la red MPLS. En realidad son interfaces entre la red MPLS y cualquier otra red [26] [27] [28].

Los enrutadores de las redes MPLS, enrutan basándose en la información de las etiquetas mediante el protocolo de Distribución de Etiquetas LDP<sup>4</sup>. Este protocolo permite compartir información a cerca de la posibilidad de alcanzar otro enrutador de etiquetas [26] [27] [28].

---

<sup>4</sup> LDP. Label Distribution Protocol

El operador que gestiona la red MPLS tiene la posibilidad de crear caminos conmutados de manera similar a como se realiza en redes ATM o Frame Relay, pero con la diferencia de que MPLS es independiente del nivel dos del modelo OSI. Esta funcionalidad permite al operador crear caminos por los que redes privadas virtuales (RPV) del tipo VPN IP [26] [27] [28].

Para redes privadas virtuales, los enrutadores de ingreso a la red son llamados PE, de sus siglas en inglés, Provider Edge. Estos actúan como interfaz entre las redes de los usuarios y la red MPLS. En MPLS el camino que se sigue está prefijado, es decir, previamente fijan todos los saltos desde el origen hasta el destino [26] [27] [28].

Las principales aplicaciones de MPLS y las razones por las que está ganando peso en las comunicaciones actuales son las siguientes: [26] [27] [28]

- **Redes de alto rendimiento**

El enrutamiento basado en etiquetas resulta muy sencillo y eficiente y por tanto los routers MPLS presentan altas prestaciones en cuanto a velocidad de funcionamiento.

- **Ingeniería de Tráfico**

Se otorga este nombre a la planificación de rutas en una red en base a estimaciones y previsiones. Su función es la de optimizar los recursos. MPLS permite realizar ingeniería de Tráfico con facilidad.

- **Calidad de Servicio**

Las etiquetas del protocolo permiten gestionar prioridades entre los paquetes de la red, garantizando diversos niveles de calidad.

- **Redes Privadas Virtuales**

MPLS gracias a los sistemas de etiquetado, permite la creación de redes virtuales fácilmente.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a Escala Nacional

- **Multiprotocolo**

Las etiquetas de MPLS son válidas con independencia del protocolo que se quiera transmitir sobre la red MPLS. Esto le otorga una gran versatilidad ya que el Routing se realiza por la información de estas etiquetas y no de las cabeceras de los protocolos de nivel de red.

#### **2.4.6.5 JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA**

La jerarquía Digital Síncrona o SDH, supuso una revolución en los sistemas de transmisión. Surgió como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión y de la necesidad de obtener sistemas más flexibles que soportaran anchos de banda elevados [29].

Esta tecnología se desarrolló en Estados Unidos con el nombre de SONET y posteriormente CCITT, y en 1989 quedó definida con SDH. Uno de los objetivos fue el proceso de adaptación del sistema PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), ya que debía convivir con esta otra jerarquía mientras se implementaba la nueva [29].

La trama básica de esta jerarquía es el STM-1. El contenido de esta trama STM-1 se analiza en el punto 2.4.6.6 de este mismo capítulo [29].

Frente a la jerarquía PDH, precursora de la SDH, esta última presenta varias ventajas. Algunas de estas son el proceso de multiplexión, que es mucho más directo, o la utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de señales tributarias de la información. También cabe destacar la compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos proveedores y que gracias al STM-1 se universaliza las velocidades ocupando los VC (contenedores virtuales) correspondientes [29].

También existen algunas desventajas, como la necesidad de sincronismo entre los nodos de la red SDH. Esto hace que todos los servicios tengan que trabajar bajo la misma referencia de temporización [29].

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

#### **2.4.6.6 SYNCHRONOUS TRANSPORT MODULE**

Se trata de la unidad de transmisión básica de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), correspondiente al primer nivel básico [29].

Esta trama está distribuida en filas y columnas, las primeras filas contienen información de gestión. Esta información se distribuye en tres campos, tara de sección de regeneración (RSOH), puntero de la unidad administrativa y la tara de sección de multiplexación (MSOH) [29].

El resto de la trama la forma un contenedor virtual de nivel 4 (VC-4), utilizado en Europa, o tres contenedores virtuales de nivel 3 (VC-3) [29].

El contenedor virtual de nivel 4 (VC-4) junto con el puntero de la unidad administrativa conforma la unidad administrativa de nivel 4 (AU-4). Si añadimos a esta unidad AU-4 las taras RSOH y MSOH, mencionadas anteriormente, obtenemos una trama STM-1 [29].

Dicha trama se transmite bit a bit en sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo, a razón de 8000 veces por segundo, por tanto en régimen binario tendríamos 155,52 Mbps. Los múltiplos de dicha transmisión (8000 veces/seg.) nos dan lugar a distintos módulos de transporte sincronizado STM-4, STM-16 y STM-64 [29].

En la red inicial del cliente, que es analizada en el capítulo 3 de este proyecto, las tramas ATM se usan para la interconexión de las centrales telefónicas provinciales con el núcleo de la red mediante enlaces punto a punto [29].

### 2.4.7 REDES PRIVADAS VIRTUALES

Las redes privadas virtuales o RPV, son extensiones de las redes de área local sobre una red pública o de la que no se tiene la gestión. La tendencia en redes de comunicación es el despliegue de este tipo de sistemas, ya que permiten la compartición de infraestructuras, pero mantienen la independencia de las redes privadas [30] [31] [32] [33].

Las características básicas que se deben cumplir en las redes privadas virtuales son las siguientes [30] [31] [32] [33]:

- **Codificación**

El cifrado de los datos a transmitir por una red pública o no gestionada es fundamental para garantizar la integridad de los mismos.

- **Identificación**

Todos los usuarios de las redes privadas virtuales deben verificar su identidad antes de permitírseles la conexión.

- **Claves**

El administrador de la red debe actualizar las claves de cifrado de los usuarios.

- **Seguridad**

Se deben implementar mecanismos de seguridad para evitar el acceso a usuarios no identificados, garantizar la integridad de los datos y evitar su manipulación.

Las redes virtuales presentan ventajas frente a las redes privadas tradicionales. Estas, son capaces de gestionar al igual que las redes privadas convencionales, la integridad y seguridad de los datos, pero además, la compartición de infraestructuras hace que los costes se reduzcan drásticamente. El acceso a RPV desde lugares distantes es sencillo, ya que al poder atravesar



una red pública, no es necesaria la creación de infraestructuras, se utilizan las del proveedor del servicio. Además de esto, las RPV son fáciles de implementar y usar [30] [31] [32] [33].

En general, se pueden definir tres tipos de arquitectura para la creación de redes privadas virtuales, las RPV de acceso remoto, las RPV punto a punto y las RPV creadas sobre LAN [30] [31] [32] [33].

#### ***2.4.7.1 RPV DE ACCESO REMOTO***

Es uno de los modelos más usados en la actualidad. Los usuarios acceden a la RPV desde lugares remotos alejados de la empresa, oficina o universidad gracias a un acceso a Internet. Para su conexión con la RPV es necesario que cada usuario verifique su identidad. Si el usuario no puede verificar su identidad, el sistema rechazará la conexión [30] [31] [32] [33].

#### ***2.4.7.2 RPV PUNTO A PUNTO***

Es el modelo que se utiliza para la interconexión de sedes remotas de una corporación con la sede central. Para ello, el servidor de RPV tiene un enlace permanente a Internet y permite que los sitios establecidos en la RPV establezcan un túnel para la comunicación [30] [31] [32] [33].

Las sedes remotas se conectan a Internet mediante la conexión ofrecida por su proveedor de Internet. Esto evita el elevado coste que supone el despliegue de un enlace punto a punto desde la sede remota a la sede central [30] [31] [32] [33].

#### ***2.4.7.3 RPV SOBRE LAN***

Es una variación de la RPV de acceso remoto explicada en el punto 2.4.7.1 de este capítulo solo que en lugar de usar una red externa, se utiliza la propia LAN de la compañía. Esto sirve para asilar zonas o departamentos dentro de una misma empresa. Cada red virtual creada sobre la misma LAN puede tener características diferentes. Esta configuración es especialmente útil en

la gestión de la seguridad de redes inalámbricas donde cualquier dispositivo se podrá conectar a la LAN de la compañía [30] [31] [32] [33].

## **2.3 REDES CONVERGENTES**

La tendencia en las telecomunicaciones actuales son las redes convergentes. Este concepto surge por la necesidad de reducir la complejidad y el coste de las redes dedicadas. La idea de red convergente es la de cursar el tráfico de voz, datos, Internet y vídeo sobre una sola infraestructura de red [34] [35].

El concepto de red convergente proporciona una base para la construcción de soluciones unificadas.

### **2.3.1 TELEFONÍA**

La tendencia en los sistemas de telefonía es la de converger hacia sistemas que permitan cursar la voz sobre las redes de datos, pero manteniendo la calidad de servicio. Esto, permite eliminar la infraestructura asociada en exclusiva a los sistemas de telefonía permitiendo gestionar una sola red para sistemas de voz y datos [34] [35].

La telefonía sobre IP, o VoIP, permite la transmisión de voz sobre redes tradicionalmente de datos, y aporta mecanismos para la gestión de la calidad de servicio. De esta manera, las llamadas de voz dejan de propagarse por la red telefónica básica para propagarse a través de Internet o cualquier otra red de datos ya sea gestionada para el cliente o pública [34] [35].

### **2.3.2 DATOS Y OTRAS COMUNICACIONES**

La posibilidad de cursar datos junto con otras comunicaciones a través de una red de alta velocidad permite la creación de diversas aplicaciones multimedia. Esto se consigue mediante redes de paquetes, en los que cada aplicación, en función de sus prioridades y necesidades, será priorizada frente a otras [34] [35].

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

### 2.3.3 REDES DE SIGUIENTE GENERACIÓN (NGN)

El término Red de Siguierte Generación, o NGN por sus siglas en inglés, se refiere a la evolución de las redes de telecomunicación actuales hacia un entorno “todo IP” en el que converjan sistemas de telefonía, datos, video, así como cualquier otro tipo de aplicación [36] [35].

El concepto de NGN es el encapsulado de cualquier tipo de información y enviarlo a una red IP que sea capaz de gestionar calidades de servicio para cada servicio en función de las necesidades del mismo, garantizando el óptimo funcionamiento de todos ellos [36] [35].

Según la ITU-T, una red NGN es aquella que se basa en la transmisión de paquetes y es capaz de ofrecer servicios integrados, en los que se incluyen teléfonos tradicionales y a la vez, explotar al máximo el ancho de banda, garantizando la calidad de servicio con independencia de la infraestructura utilizada [36] [35].

En cuanto al funcionamiento y estructura de la NGN, esta incluye varias modificaciones en la arquitectura de los sistemas tradicionales [36] [35].

El núcleo de red NGN incluye la consolidación de redes de datos construidas con diferentes propósitos y basadas esencialmente sobre protocolos Ethernet e IP. La voz migra desde la tradicional red pública de circuitos conmutados hacia un modelo de telefonía sobre IP [36] [35].

Los accesos a la NGN también son diferentes a la dualidad de accesos de voz y datos que existían anteriormente. Los accesos, al igual que en el núcleo de red, tiende a converger sobre uno solo que gestionará servicios de todo tipo ya sean voz, datos o cualquier otro. Esto hace que también se queden atrás los accesos de tecnologías ADSL que multiplexan voz y datos a través de canales diferentes. [36] [35]

En este tipo de redes, hay una separación clara entre la red de transporte y los servicios que se ejecutan sobre esta. Este hecho permite a los proveedores habilitar nuevos servicios que vayan surgiendo sin la necesidad de tener en cuenta la red de transporte [36] [35].

## 2.4 SERVICIOS DE TELEFÓNICA

En los últimos años, las necesidades de comunicación de las empresas han ido paulatinamente creciendo hasta hacerse imprescindibles para el desarrollo de casi cualquier negocio. Este incremento en la necesidad de comunicaciones ha hecho que los anchos de banda demandados se hayan multiplicado, dejando obsoletas muchas tecnologías.

Además de esto, la eficiencia en cuanto a costes, ha hecho que el mercado de las telecomunicaciones tienda hacia sistemas en los que las infraestructuras son compartidas, ya que de esta forma, se consigue optimizar el gasto en infraestructuras. Sin embargo, las empresas siguen demandando sistemas independientes y seguros para sus comunicaciones. Gracias a sistemas de redes virtuales, se consigue la compartición de infraestructuras, manteniendo la independencia lógica de las redes.

A continuación vamos a ver una descripción de los servicios que ofrece Telefónica a Empresas para cubrir sus necesidades de comunicación, compartiendo en muchos casos infraestructuras, pero manteniendo la independencia lógica. Estos servicios son relevantes para este proyecto, ya que son en los que se apoya el sistema diseñado.

### 2.4.1 RED DE TRANSPORTE NACIONAL

Telefónica cuenta con una red de transporte a nivel nacional basada en la tecnología MPLS<sup>5</sup>. Esta red mallada de fibra óptica, permite la comunicación de sus usuarios garantizando la calidad de servicio tanto de los datos como de servicios de voz o vídeo.

---

<sup>5</sup> MPLS. Multi Protocol Label Switching

Esta red permite el marcado de paquetes, así como otros mecanismos que garantizan la priorización del tráfico. De esta manera es posible garantizar que una llamada de voz sobre IP cumple con los requisitos de calidad esperados o que una videoconferencia no tendrá problemas al enviarse entre distintas sedes del territorio nacional.

Para poder acceder a esta red de transporte es necesaria la contratación del servicio MacroLAN en cada sede que se quiera conectar.

## **2.4.2 SERVICIO MACROLAN**

El servicio MacroLAN es el que permite el acceso a la red de transporte nacional. Para la conexión de una sede a dicha red es necesario desplegar un acceso en la sede. Existen múltiples tipos de accesos a dicha red, en los que la mayoría se basan en conexiones de fibra óptica entre el equipo que se instala en el domicilio del cliente y el equipo de borde de la red de transporte.

Los accesos varían en función de la velocidad demandada por los clientes y por las diferentes configuraciones de redundancia que se instalan para garantizar el perfecto funcionamiento del sistema. En el tema 6, se analizan diferentes diseños de accesos MacroLAN para cubrir las necesidades de sedes de diferentes características.

### **2.4.1.1 CAUDAL METROPOLITANO EN MACROLAN**

Cualquier sede en la que se contrate el servicio MacroLAN necesitará tener asociado un caudal Metropolitano. Este caudal es con el que se dota a dicha sede para que acceda a la red MPLS de la provincia en la que se encuentra.

El servicio MacroLAN permite establecer porcentajes de diferentes calidades de servicio para las comunicaciones de la sede. De esta manera, se permite a las comunicaciones multimedia como voz o video tener prioridad sobre otros tipos de datos en los que los retardos son menos determinantes. En función del uso que se vaya a tener en el acceso, se provisionará un mayor

o menor porcentaje de caudal para comunicaciones multimedia. En el tema 6 se explica en detalle las distintas calidades de servicio ofrecidas en MacroLAN.

#### 2.4.1.2 CAUDALES NACIONALES EN SERVICIO MACROLAN

Además de los caudales que se reservan en cada sede para las comunicaciones de esa sede a la red MPLS de la provincia, es necesaria la contratación de caudales nacionales agregados para la conexión con la red nacional de transporte. Esto solo será necesario en el caso de que la red del cliente esté presente en varias provincias.

La ilustración 1 muestra los caudales anteriormente descritos. El servicio MacroLAN se volverá a ver en el Capítulo 6 dedicado al diseño de la red de datos.

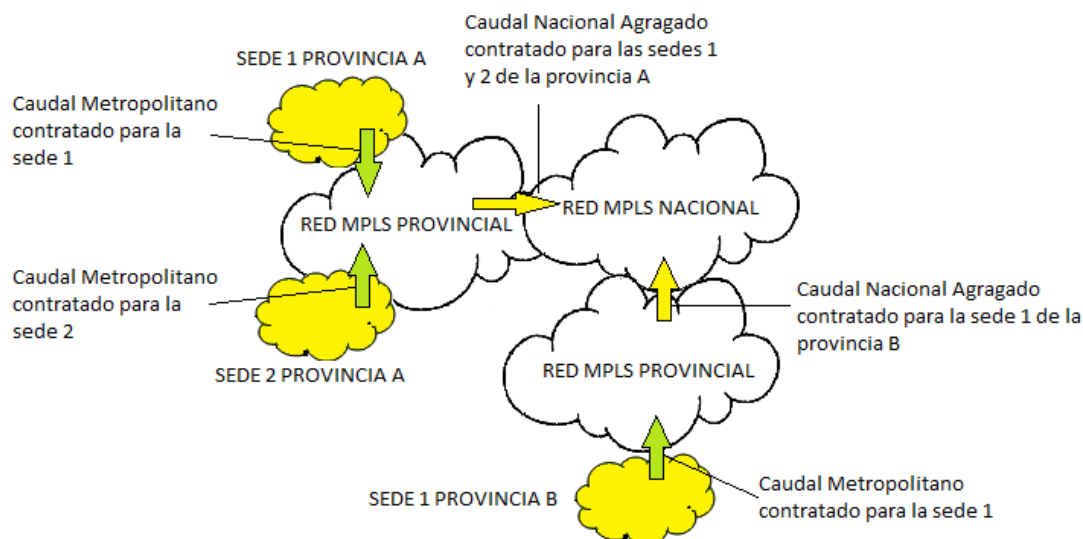


Ilustración 1: Caudales Metropolitanos y Nacionales Agregados en MacroLAN

## 2.5 DEFINICIONES DE TECNOLOGÍAS RELEVANTES EN EL PROYECTO

Los servicios presentados en la sección 2.4 de este mismo capítulo se apoyan en varias tecnologías. Algunas de ellas serán explicadas en los capítulos 6 y 7 dedicados al diseño de la red. En esta sección aparecen algunas de estas tecnologías que han sido relevantes a la hora de analizar y diseñar la red de la que es objeto este proyecto.

### 2.5.1 MULTI-VRF. VIRTUAL ROUTING AND FORWARDING

El sistema de multi-VRF de CISCO permite configurar y hacer routing en varias redes virtuales sobre un mismo puerto de un equipo [37].

Esto es posible gracias a que la tecnología permite tener múltiples instancias de la tabla de enrutamiento en un router. Este hecho permite tener diferentes caminos en la red sin necesidad de usar varios equipos [37].

En el diseño realizado y que se presenta en los capítulos 6 y 7 de este proyecto, se utiliza esta funcionalidad a la hora de crear varias VPNs en las sedes del cliente, pero utilizando un único equipo [37].

### 2.5.2 SRST. CISCO UNIFIED SURVIVABLE REMOTE SITE TELEPHONY

Survivable Remote Site Telephony (SRST) es un sistema que proporciona un sistema de respaldo al Call Manager de Cisco (CUCM<sup>6</sup>). Este sistema de respaldo permite a los teléfonos IP del sistema registrarse en el router. De esta manera, si existe algún problema en la red y los terminales no son capaces de alcanzar el Call Manager, el SRST del router toma el control y permite la comunicación entre teléfonos de la misma red local [38].

El sistema SRST se usa frecuentemente en sistemas de telefonía centralizados, donde las sedes no tienen ninguna capacidad de procesar llamadas. En este caso, si existe un problema en la

---

<sup>6</sup> CUCM. Cisco Unified Call Manager

conexión de salida de la sede, y el Call Manager, situado en las dependencias centrales, no puede ser alcanzado, los usuarios de una misma sede podrán comunicarse entre ellos [38].

En el capítulo 7, dedicado al diseño de la red de datos, se utiliza esta tecnología en el diseño de algunos tipos de sedes, como mecanismo de contingencia ante posibles situaciones de incomunicación de sedes [38].

### **2.5.3 TFTP. TRIVIAL FILE TRANSFER PROTOCOL**

El protocolo de transferencia de archivos trivial o TFTP es un protocolo básico de características similares a la versión más simple de FTP [39].

El TFTP se suele usar para la transmisión de archivos de pequeño tamaño entre máquinas de una misma red. Es típico su uso en aplicaciones ligeras cliente servidor [39].

En cuanto a sus características, el TFTP usa UDP<sup>7</sup> como protocolo de transporte. Este protocolo soporta tres modos de transferencia, y se suele usar para escribir o leer de un servidor remoto a pesar de que no se establece una sesión formal cliente servidor [39].

Entre sus carencias se puede destacar que no existen mecanismos de cifrado y que no permite listar el contenido de los directorios [39].

### **2.5.4 HSRP. HOT STANDBY ROUTER PROTOCOL**

Se trata de un protocolo propiedad de CISCO que permite el despliegue de routers redundantes tolerantes a fallos de red. Evita la existencia de puntos de fallo único en la red mediante técnicas de redundancia y comprobación de los estados de los routers [40] [41].

---

<sup>7</sup> UDP. User Datagram Protocol



El HSRP crea un grupo de routers en el que uno de ellos es el maestro. El maestro enruta el tráfico, y los demás son su respaldo. Estos últimos están a la espera de que se produzca un fallo en el maestro. Mientras que no se produzca dicho fallo, seguirán a la espera [40] [41].

Para determinar el router maestro se establece una prioridad, que por defecto es 100. Aquel de mayor prioridad se establecerá como activo. Cuando se produzca un fallo en el maestro, el router en espera toma su lugar. Los tiempos de convergencia dependen de la configuración de los temporizadores para el grupo y del tiempo de convergencia del protocolo de enrutamiento empleado [40] [41].

HSRP es un protocolo que actúa en la capa 3 del modelo OSI, administrando las direcciones virtuales que identifican el router maestro en un momento dado [40] [41].

Este protocolo será usado en el diseño de red realizado en los capítulos 6 y 7 en configuraciones con routers redundantes para evitar bucles. Estas configuraciones son típicas para redes que requieren alta fiabilidad en las que se montan accesos redundantes [40] [41].

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

# CAPÍTULO 3

---

## ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL (DATOS)

### 3.1 OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

El presente capítulo muestra las infraestructuras iniciales que tenía el cliente en el momento de inicial del proyecto. Este análisis, es esencial en el proyecto ya que además de obtener información sobre las necesidades y carencias comunicativas del cliente, nos permite establecer las bases para crear un plan de migración.

Comenzamos el capítulo con una descripción general de la arquitectura lógica de la red, describiendo la red como varias redes más pequeñas situadas en provincias. Después se entra en detalle sobre la conexión de las redes provinciales entre sí. Por último se analizan las redes de cada provincia.

### 3.2 VISIÓN GENERAL DE LA RED INICIAL

La red inicial del cliente muestra sedes distribuidas por diferentes provincias españolas, apareciendo además una sede en Bruselas. Se trata de una sede heterogénea en cuanto a distribución de usuarios como a sistemas y tecnologías utilizadas para su conexión.

Concretamente, las sedes están presentes en cinco provincias usando una estructura organizativa centralizada. El punto central se encuentra en la provincia de Toledo, cuya red provincial se encarga de distribuir el tráfico hacia las diferentes dependencias de la red. De esta manera, una provincia que se quiera comunicar con cualquier otra, encamina el tráfico hacia Toledo, que se encarga de reencaminarlo hacia su destino.

En cuanto a la arquitectura lógica del resto de provincias, centralizan el tráfico de las sedes más pequeñas, en sedes más grandes, y estas últimas son las encargadas de encaminar el tráfico hacia Toledo. Este último encaminamiento se hace desde el punto central de cada provincia situado en una central Telefónica. Este trabajo lo hace una central telefónica por provincia.

La ilustración 2 muestra la arquitectura lógica de la centralización dentro de una provincia estándar. En el núcleo de red se encuentra la central telefónica encargada de enviar el tráfico hacia Toledo.

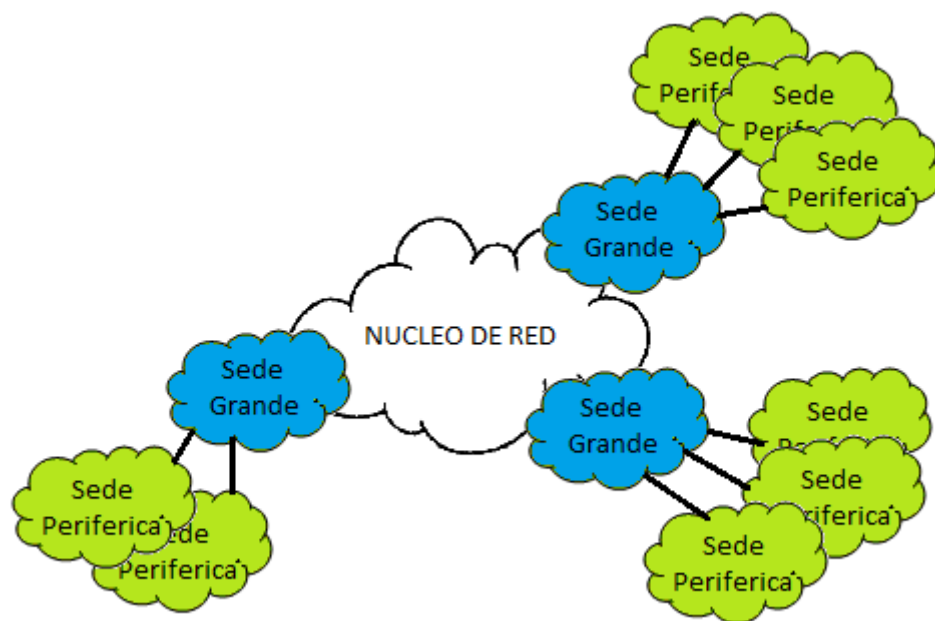


Ilustración 2: Arquitectura Lógica por Provincia

En cuanto a la mencionada sede de Bruselas, a efectos prácticos funciona como una sede grande que cuelga de la red provincial de Toledo. Esta cuenta con un enlace punto a punto que permite su conexión con el resto de sedes desde la red provincial de Toledo.

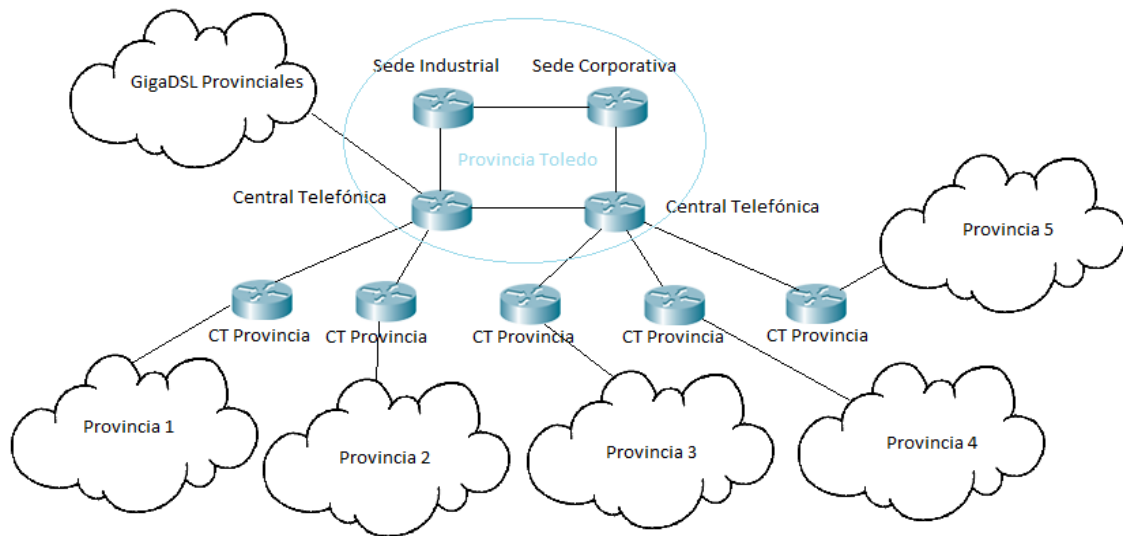
La salida a Internet, se realiza desde la red provincial de Toledo, que como punto central cuenta además con dicha funcionalidad.

### **3.3 ARQUITECTURA DE INTERCONEXIÓN ENTRE PROVINCIAS**

La red se basa en electrónica y circuitos propietarios del cliente, aunque alojados en centrales telefónica. Existe una central para este propósito por provincia, salvo en Toledo que existen dos. Estas centrales son las encargadas de encaminar el tráfico de cada provincia hacia el núcleo de red.

En cada una de estas centrales, el cliente dispone de armarios-racks para alojar sus equipos. Para la conexión con el resto de la red, cada central cuenta con un enlace Synchronous Transport Module (STM-1) a 155 Mbps entre con el punto central situado en Toledo donde se dispone de dos centrales. De esta manera, cada central de provincia se conectará con una de las dos centrales de Toledo como se muestra en la ilustración 3.

La conexión principal de las centrales telefónicas de cada provincia con las centrales telefónicas de Toledo se realiza mediante enlaces dedicados. El enlace principal se conectará a la central más próxima geográficamente.

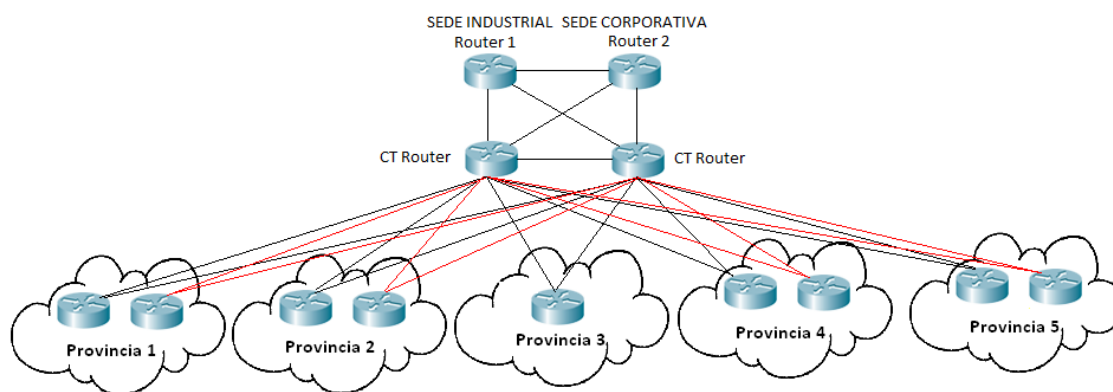


**Ilustración 3: Arquitectura de la Red Interprovincial**

La conexión desde las capitales de provincia a las centrales de cada provincia se hace usando circuitos de Jerarquía Digital Síncrona <sup>8</sup>(SDH).

La infraestructura que soporta los enlaces SDH se basa en conmutadores de Modo de Transferencia Asíncrona (ATM) modelo Cisco 8540, mientras que a nivel lógico la red interprovincial, que es similar en todas las provincias, usan Routers Cisco de nivel 3 pertenecientes a la familia 7200. Estos últimos, son los que se conectan con los conmutadores ATM interprovinciales.

<sup>8</sup> SDH. Ver Capítulo 2 “Estado de la Cuestión”



**Ilustración 4: Circuitos Virtuales entre Centrales**

Como mecanismo de contingencia ante una posible caída de los enlaces STM-1, cada central telefónica provincia cuenta con dos routers. Cada uno de estos, está unido con un enlace a cada una de las dos centrales que existen en Toledo.

### 3.4 ARQUITECTURA DE CENTRALES DE INTERCONEXIÓN

La arquitectura en las centrales de unión entre la red provincial y la red troncal interprovincial cuenta con cuatro routers cisco 7200. Esto se debe a que el cliente tiene su empresa dividida en dos organismos diferenciados, cada uno con una LAN. Cada una de estas LANs cuenta con dos routers en los que finalizan los Circuitos Privados Virtuales (PVCs).

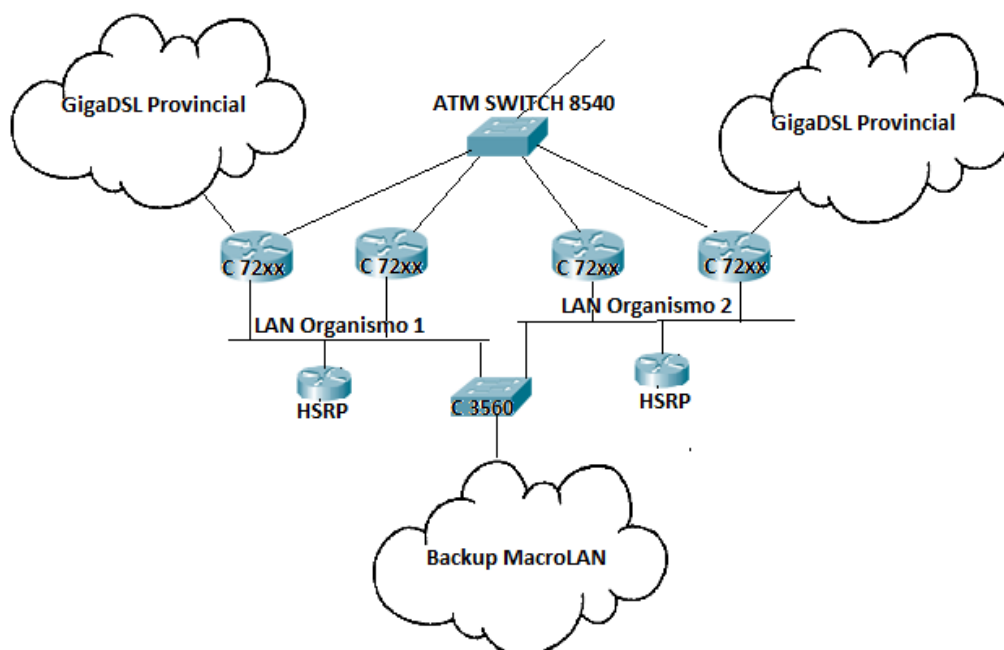
La interconexión de la central con cada sede de la provincia se hace a través de un equipo en domicilio del cliente (EDC). El EDC es en este caso es un router Cisco 3560, en el que gracias a la funcionalidad multi-VRF<sup>9</sup>, es posible dar de alta varias VLANs para los distintos organismos del cliente sobre un mismo puerto. De esta manera, es posible crear redes virtuales independientes para los distintos departamentos de la empresa que quiera

<sup>9</sup> Multi-Virtual Routing and Forwarding. Ver Capítulo 2 Estado de la Cuestión

Dicho EDC se conecta a la red multiservicio de Telefónica, es decir a la MAN<sup>10</sup> de esa provincia. Este es el acceso de respaldo, que será utilizado caso de fallo en la red principal. La conexión con la MAN es la siguiente:

- Acceso de Fibra Óptica de 10Mbps
- VRF de 6Mbps Caudal Plata<sup>11</sup> para Organismo 1
- VRF de 4Mbps Caudal Plata para Organismo 2
- Electrónica Cisco WS-C3560-24EMI

La MAN de la provincia, perteneciente a la red de transporte nacional, no forma parte del sistema antiguo basado en ATM. Es en realidad el acceso al servicio MacroLAN<sup>12</sup>, a través del cual se accede a la red MPLS de Telefónica. En la situación inicial de la red, estos accesos solo sirven para casos de contingencia, y no permiten el uso de todos los servicios, solo permite cursar los que está definidos como de mayor criticidad.



**Ilustración 5: Arquitectura En Centrales Provinciales**

<sup>10</sup> MAN. Metropolitan Area Network.

<sup>11</sup> Calidades de servicio definidas en el Capítulo 2 Estado de la Cuestión.

<sup>12</sup> Servicio MacroLAN definido en el Capítulo 2 Estado de la Cuestión.



### 3.4.1 TUNELES DE RESPALDO O BACKUP

El acceso al servicio MacroLAN, es decir a la red de transporte nacional de Telefónica, se utiliza en este caso<sup>13</sup> para dar respaldo en caso de que algún elemento de la central telefónica se encuentre en una situación de indisponibilidad. Este acceso actúa como un túnel, en el que el tráfico se desvía hacia otra central de otra provincia.

En el capítulo 5, dedicado a la solución de datos, se explica cómo las redes están tendiendo a accesos MacroLAN que utiliza tecnología MPLS, mientras que desaparecen las conexiones punto a punto a la red ATM. En la red que se ha diseñado en los capítulos 5 y 6, los accesos MacroLAN son los únicos utilizados, tanto para la línea principal como para la línea de respaldo.

En una situación de contingencia, el tráfico que no encuentra salida por la red ATM, se encaminara hacia la provincia destino por el acceso al servicio MacroLAN, que actúa de túnel. De esta manera se consigue un nivel más de redundancia, añadido a las líneas de respaldo que pueda tener la red ATM para dicho fin, sin añadir complejidad a la red.

---

<sup>13</sup> Ver Capítulo 2 “Estado de la Cuestión” donde se explican las posibilidades del servicio MacroLAN.

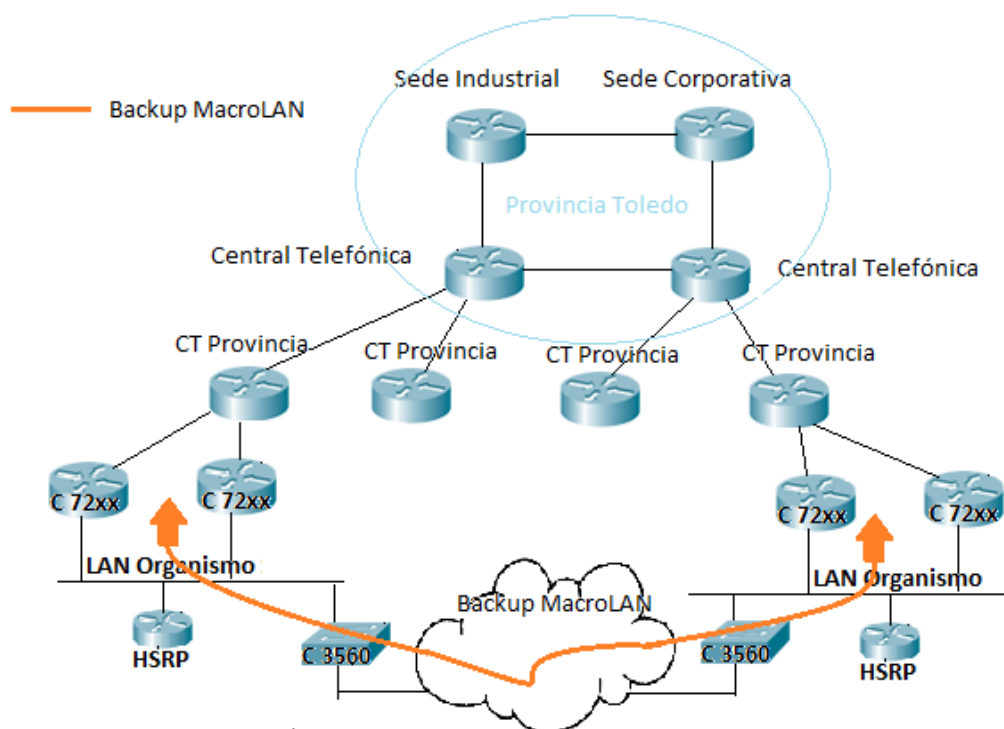


Ilustración 6: Túnel de Respaldo

La configuración y parametrización de los equipos excede los límites de este proyecto. Sin embargo, para entender el funcionamiento de un túnel es necesario tener una pequeña idea de cómo se crean.

A groso modo, para crear un túnel, es necesario configurar los dos router 7200 que aparecen en la ilustración 6. Estos routers pertenecen a la sede del cliente y se conectan al equipo de borde del servicio MacroLAN y permiten el acceso al servicio. Para que el funcionamiento del túnel sea correcto, es necesario configurarlo con terminación dinámica. Esto quiere decir que se coloca en ambos routers la misma dirección de loopback y el mismo túnel, con dirección origen la loopback local y destino la loopback del extremo opuesto,

En cuanto a los protocolos de routing, hay que tener en cuenta que el servicio MacroLAN de telefónica usa un protocolo RIPv2 mientras que las redes del cliente cuentan con un protocolo OSPF.

El protocolo OSPF irá encapsulado en una trama IP con dirección origen y destino las dos bocas del túnel. De esta forma es completamente transparente la red del cliente para el MacroLAN que solo conocerá las redes locales de EDCs y las direcciones de loopback usados para el establecimiento de los túneles. Con esto se logra una conexión lógica directa en ellos.

### **3.5 ARQUITECTURA POR PROVINCIAS**

La arquitectura provincial de la red del cliente para sus distintos organismos internos se puede separar o diferenciar en dos casos. Por una parte, tendremos la Red Metropolitana de Toledo y por otra parte, la Red Metropolitana del resto de las provincias.

Esta diferenciación se hace porque la red que se desplegó en Toledo es completamente diferente a la que aparece en el resto de las provincias. Históricamente, en Toledo se diseñó una red con circuitos en anillo usando ATM, mientras que el resto de las provincias se fueron añadiendo posteriormente.

#### **3.5.1 ARQUITECTURA RED PROVINCIAL EN TOLEDO**

La red Metropolitana de Toledo, se va a analizar separadamente ya que no sigue el modelo provincial de las otras redes. En la arquitectura de la red inicial del cliente, la red de Toledo hace de interconexión entre el resto de redes provinciales.

Una particularidad de la red de Toledo es que se concentran las sedes centrales del cliente. Estas sedes son las de mayor tamaño y presentan por tanto mayor tráfico. La situación de estas sedes es estratégica, ya que al generar una mayor cantidad de tráfico entre ellas, y estar conectadas a la misma red provincial, no necesitan pasar por las centrales telefónicas de interconexión interprovincial. Además de estas sedes, y al igual que en el resto de provincias, encontramos delegaciones provinciales locales así como otras sedes de menor tamaño.

Esta provincia aloja los Centros de Procesado de Datos (CPDs) de la compañía. Alojar estos centros en la provincia que más tráfico genera ayuda a reducir el tráfico interprovincial. Dichos CPDs se encuentran en la sede Industrial.

Toledo a diferencia de la arquitectura de otras provincias, cuenta con 5 anillos de fibra óptica dedicada para la interconexión de tanto las sedes centrales del cliente como de otras sedes que corresponden a esa provincia.

Uno de estos anillos cruza la sede Industrial del cliente. Esta sede es uno de los puntos centrales de la provincia. Además de dar conectividad a los usuarios que trabajan allí, y alojar los CPDs, es el punto de acceso a la MAN, como si se tratara de una central telefónica de otra provincia. El acceso a Internet para toda la red privada está dispuesto únicamente en esta sede.

Además, en la red de Toledo aparecen algunas sedes con enlaces dedicados GigaBitEthernet que interconectan algunas sedes con la sede Industrial. Estos enlaces son punto a punto y dan conectividad únicamente a las sedes periféricas que unen con la sede Industrial. Estas sedes periféricas son simplemente sedes que centralizan sus comunicaciones en la sede Industrial, además, estas sedes pueden a su vez centralizar las comunicaciones de otras sedes más pequeñas. La ilustración 7 muestra estos circuitos.

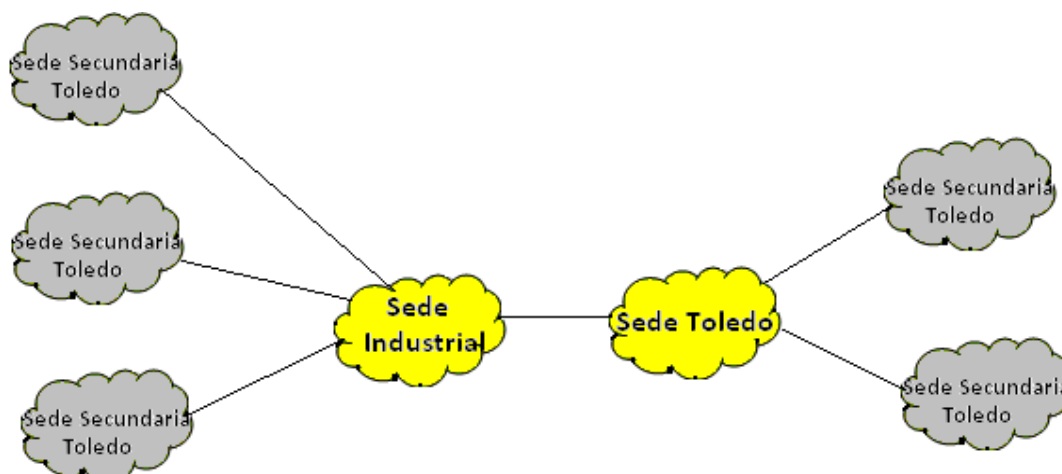


Ilustración 7: Circuitos Dedicados GigaBitEthernet

### ***3.5.1.1 ARQUITECTURA DE LA SEDE INDUSTRIAL***

La sede industrial cursa la mayor parte de las comunicaciones del cliente. En ella están presentes los CDPs de la compañía, así como la pasarela a la MAN que se usa en caso de contingencia y el acceso a Internet.

Tanto la electrónica como el medio físico son capaces de gestionar el acceso a redes lógicas independientes. En este punto, convergen las comunicaciones de la red de voz y de datos, así como la comunicación con redes externas.

La arquitectura de la Sede industrial, es similar a la presentada en las centrales telefónicas de otras provincias. Por un lado aparece el acceso a la red ATM, y por otro el acceso de respaldo a la MAN.

Presenta accesos de fibra óptica diversificados para la conexión con ambas redes así como la electrónica redundada para garantizar la máxima disponibilidad. Cuenta con tres VLANs que comparten la infraestructura física mientras que a nivel lógico son completamente independientes entre sí. De esta manera se garantiza la seguridad y estabilidad de la red. Una de estas VLANs se utiliza para prestar el acceso a Internet, por lo que además, cuenta con un firewall en el acceso.

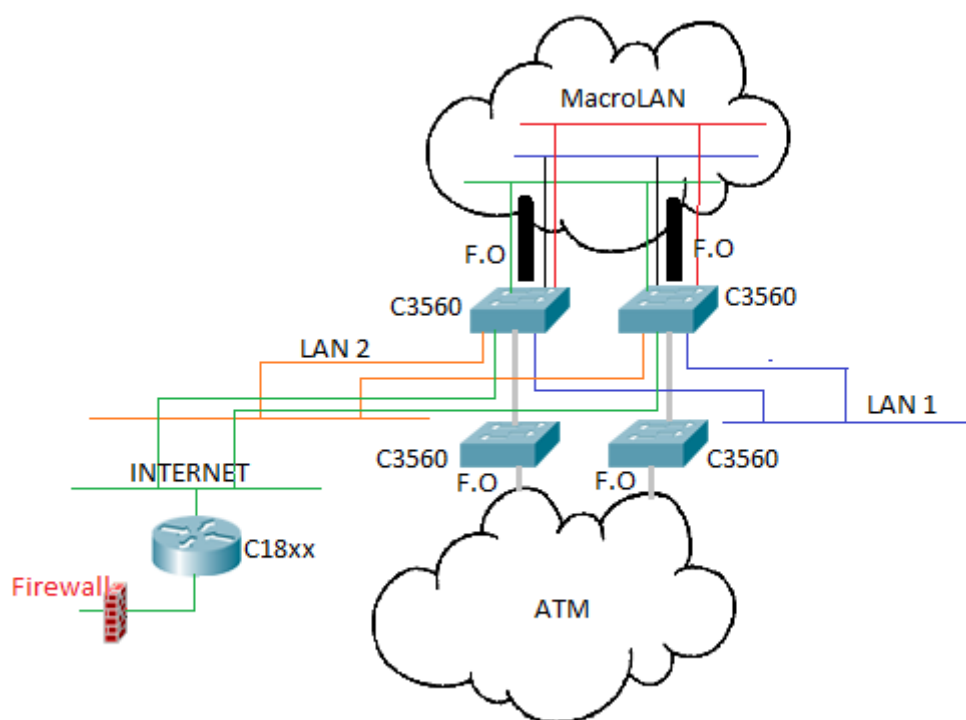


Ilustración 8: Arquitectura Sede Industrial

La pasarela de interconexión de la provincia de Toledo se encuentra en la sede industrial e inicialmente cuenta con los siguientes accesos y servicios:

- Doble acceso de F.O. de 1Gbps en modo backup o respaldo
- Caudal Metropolitano Plata<sup>14</sup> de 200Mbps para la Red Corporativa
- Caudal Metropolitano Multimedia<sup>15</sup> de 10Mbps para la Red Corporativa
- Caudal Metropolitano Plata de 5Mbps para la Red de Conexiones Remotas<sup>16</sup>
- Caudal de acceso a Internet de 5Mbps para la Red Corporativa
- Caudal de acceso a Internet de 5Mbps para la Red de Conexiones Remotas
- Doble EDC Cisco Catalyst 3560-24TS-E

La ilustración 9 muestra como el MacroLAN agrupa el tráfico de las diferentes sedes que pudieran estar en contingencia al igual que lo haría una central telefónica de otra

<sup>14</sup> Calidades de servicio definidas en Capítulo 1 Estado de la Cuestión.

<sup>15</sup> Calidades de servicio definidas en Capítulo 1 Estado de la Cuestión.

<sup>16</sup> La VLAN de Conexiones Remotas sirve únicamente para dar conectividad a Internet a algunos centros del cliente, pero no tendrán acceso a la red Corporativa.

provincia. Además, tenemos en este punto un sumidero para todo el tráfico cuyo destino no es conocido.

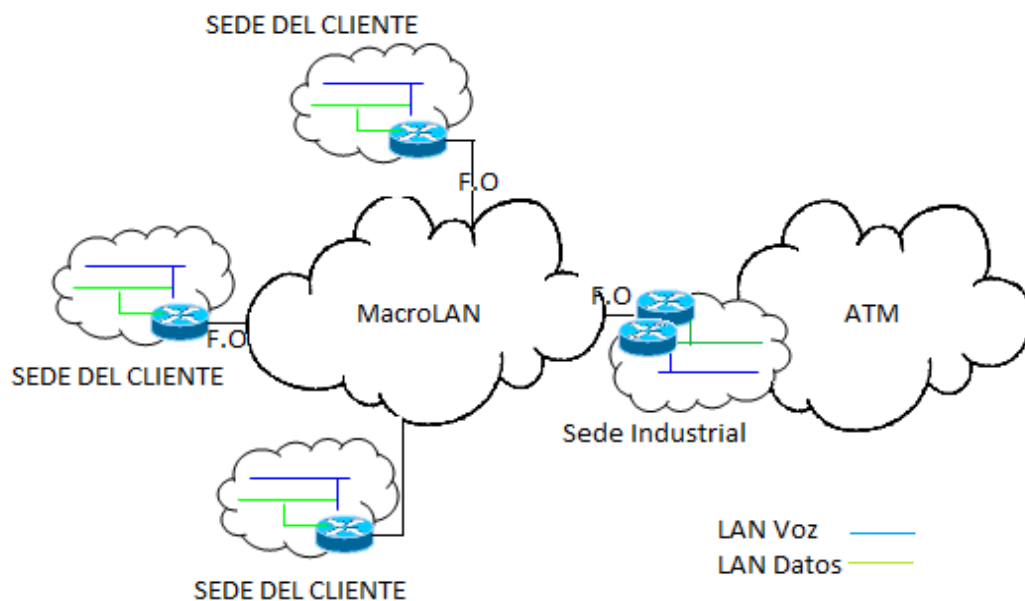


Ilustración 9: Interconexión ATM y MacroLAN en las Sede Industrial

### 3.5.2 ARQUITECTURA REDES DE PROVINCIAS

La arquitectura de todas las demás provincias sigue el mismo esquema. El grueso de las comunicaciones usa circuitos GigaBitEthernet y enlaces GigaDSL para comunicarse con los equipos situados en las centrales telefónicas provinciales.

Como se ha descrito anteriormente la central telefónica de cada provincia hace la interconexión con Toledo. Estas cuentan con un conmutador ATM para conectar con la red interprovincial. Del conmutador ATM cuelgan dos routers cisco 7200, que cierran los Circuitos Privados Virtuales (CVPs) del núcleo. Estos equipos concentran el resto de accesos de la red provincial, sean punto a punto, GigaDSL o GigabitEthernet.

En la central provincial aparecen dos switches Catalyst. Uno de estos equipos es el encargado de dotar de respaldo al sistema a través de MacroLAN. Es un equipo compartido para ambas organizaciones, en el que está activada la funcionalidad la Multi-VRF de Cisco. El otro conecta el sistema a dos gateways y al Call Manager. El Call Manager, es el encargado de gestionar las comunicaciones de voz sobre IP de la red inicial del cliente, las características del mismo se analizan en el capítulo 4 dedicado al análisis de la red de voz. Los gateways, por su parte, son los encargados de gestionar la salida del servicio de voz hacia la red pública para cursar llamadas externas.

### Ilustración 10: Central Telefónica Provincial

Algunas sedes disponen de salida mediante GigaDSL y GigaBitEthernet. En estos casos entre el switch y el router de cada sede se activa el protocolo Hot Standby Router Protocol<sup>17</sup> (HSRP)



Al llegar a la central, todos los accesos de todas las sedes de la provincia se concentran en una única conexión con la red corporativa a través de un equipo conmutador ATM Cisco 8540, que es el que enlaza con el resto de la red.



A todos los efectos, esta red de datos es una provincia separada. Su arquitectura, aunque más pequeña es similar a la presentada en otras provincias. Se separa de Toledo, aunque esté presente en la misma provincia ya que su arquitectura no forma parte de la red provincial de Toledo, sino que forma una red independiente. Dispone de una arquitectura ATM propia, que

se conecta con la red de Toledo como si fuera una provincia más. La conexión con la red de Toledo es similar a la de una provincia, solo que su arquitectura es más simple.

La arquitectura de esta red cuenta únicamente con un switch ATM 8540 como el presente en las centrales telefónicas de provincias y un router. La conexión de las sedes de esta red se hace, al igual que en las redes provinciales, mediante el uso de accesos GigaDSL con circuitos GigaBitEthernet.

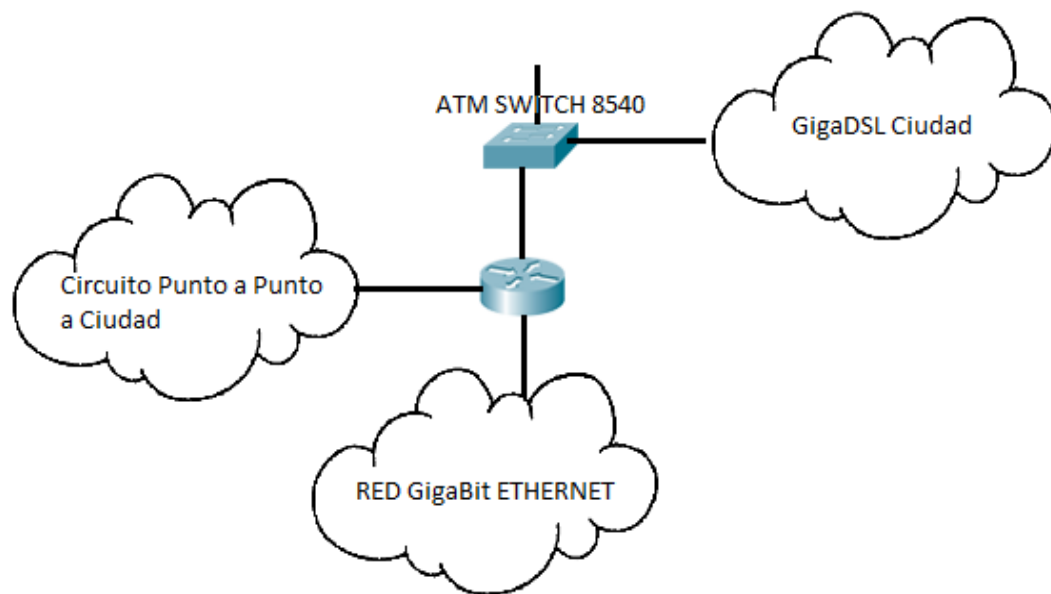


Ilustración 12: Arquitectura Red Independiente en Toledo

### 3.6 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS

Después del análisis de la situación inicial de las comunicaciones de datos del cliente, es posible conocer las carencias de la red inicial. Los siguientes puntos muestran las carencias de la red y hacen que se plantee la búsqueda de soluciones más eficaces para las comunicaciones de datos.

- Red Heterogénea en tecnologías. Se usan sistemas entre otros ATM, STM-1, RDSI o SDH, lo que complica el diseño y la conectividad de nuevas redes o el acceso nuevos a servicios.
- Red Heterogénea en arquitecturas. La arquitectura en las diferentes provincias es diferente y presenta diferentes características, con diferentes posibilidades para las sedes que la forman.
- Configuración de la red troncal en estrella. Este hecho hace que la red sea menos tolerante a fallos que una red totalmente mallada. Ya que presenta puntos críticos de fallo, como pueden ser las centrales telefónicas de cada provincia.
- Enlaces punto a punto dedicados en exclusiva al cliente. Este tipo de enlaces dedicados son caros en su mantenimiento. Además, ampliar la red con este tipo de enlaces requiere un presupuesto elevado.

Estas carencias que presenta la red hacen necesaria la evolución de la misma hacia tecnologías novedosas que permiten resolver gran parte de estos problemas. En los capítulos 5, 6 y 7 se detalla el diseño realizado para la nueva red y su proceso de migración.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

# CAPÍTULO 4

---

## ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL (VOZ)

### 4.1 OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

Al igual que en el capítulo anterior, en este capítulo se van a mostrar las infraestructuras iniciales que tenía el cliente en el momento de inicio del proyecto. Este análisis, es esencial en el proyecto ya que además de obtener información sobre las necesidades y carencias comunicativas del cliente en lo que a telefonía se refiere, nos permite establecer un plan de migración.

En este caso, el análisis es mucho menos detallado que en el caso de los datos, ya que como se verá, la red inicial en lo que se refiere a voz, es mucho más sencilla.

Comenzamos el capítulo con una visión general de los sistemas de telefonía presentes en la red. Posteriormente, se describe de la interconexión entre las sedes de las diferentes provincias, discerniendo entre sistemas tradicionales de telefonía y el sistema de telefonía IP. Por último, se analiza la telefonía dentro de cada provincia.

### 4.2 VISIÓN GENERAL DE LA RED INICIAL

La red de voz inicial del cliente, se apoya principalmente en sistemas tradicionales de centralitas<sup>18</sup> de multiplexación en tiempo (TDM). Además de éstos, algunas sedes cuentan con telefonía IP.

---

<sup>18</sup> Ver Capítulo 2 “Estado de la Cuestión” donde se muestran las posibilidades de los sistemas tradicionales de telefonía que usan centralitas privadas.

El número de usuarios que usan telefonía IP no es tan dispar al número de usuarios que usan sistemas tradicionales, sin embargo, estos sistemas IP se encuentran instalados en sedes grandes, con muchos usuarios. Las sedes medianas y pequeñas, siguen usando centralitas tradicionales.

Es decir, el cliente cuenta con una solución mixta entre telefonía analógica e IP, aunque predominan las sedes con tecnología tradicional.

### **4.3 ARQUITECTURA DE INTERCONEXIÓN ENTRE PROVINCIAS**

En el sistema inicial de comunicaciones de voz presente en la red del cliente, la comunicación entre provincias se divide en tres casos.

- Sedes con telefonía IP
- Sedes con Centralita Tradicional
- Sedes sin Centralita

#### **4.3.1 SEDES CON TELEFONÍA IP**

Las sedes que presentan este tipo de telefonía son en general sedes de gran tamaño con muchos usuarios. Sin embargo, no existen muchas sedes de este tipo. En la situación inicial de la red existen unas 6000 extensiones de telefonía IP.

La interconexión entre sedes de diferentes provincias que usan telefonía IP se hace a través de la red de datos. Es decir, el flujo de una llamada, será similar a lo que ocurriría con un paquete de datos, este se dirigirá hacia la central de telefónica de cada provincia y desde esta hacia la red central que dirigirá la llamada hasta su destino.

Los Call Managers están dispuestos en las centrales telefónicas de las provincias a modo de cluster, y son estos los que guardan información sobre la ubicación de los usuarios registrados

en el Call Manager y la ruta para acceder a los mismos, para que las llamadas se puedan realizar.

#### **4.3.2 SEDE CON CENTRALITA**

Este tipo de sedes es el más numeroso en la red. Son sedes grandes y medianas que cuentan con un sistema de telefonía tradicional basado en centralitas MD110 de Ericsson. Las centralitas quedan interconectadas a nivel provincial, sin embargo a nivel interprovincial, la conexión se hace a través de la red telefónica básica.

Cuando un usuario de una provincia realiza una llamada a otro usuario de la misma provincia, la centralita se encarga de gestionar la llamada si necesidad de salir a la red telefónica básica. Sin embargo, si se trata de una llamada interprovincial, la centralita encamina la llamada hacia la red telefónica básica, que se encarga de llevar la llamada hasta la provincia destino. La necesidad de pasar por la red pública hace que la llamada se facture como una llamada externa.

#### **4.3.3 SEDES SIN CENTRALITA**

Este tipo de configuraciones aparece en sedes pequeñas, con pocos usuarios. No cuentan con centralita ni ningún otro sistema de comunicaciones privado. Todas las llamadas generadas por estas sedes, sean internas o externas, salen directamente por la red telefónica pública y son facturadas como tal.

### **4.4 ARQUITECTURA POR PROVINCIAS**

Al igual que en la interconexión interprovincial, en la interconexión provincial podemos separar los mismos casos. Tendremos por tanto un tipo de arquitectura para los sistemas de telefónica tradicional, IP y las sedes que salen directamente a la Red Telefónica Básica (RTB).

#### **4.4.1 SISTEMA DE TELEFONÍA IP**

La red de telefonía IP inicial del cliente usa un cluster de 8 servidores Cisco Unified Communications Manager (CUCM). De los 8 servidores, 4 están presentes en sedes del cliente en la provincia de Toledo mientras que las otras 4 están alojadas en centrales telefónicas (Nodos de Transporte Provincial, NTP). Los NTP constituyen además el punto de concentración provincial que da servicio a los usuarios del cliente. Los clusters actualmente tienen instaladas la versión 6.1 y cuentan con unos 6000 usuarios.

El servicio actual de telefonía IP permite el uso de mensajería instantánea. Este servicio está formado por dos servidores, usando el sistema de Cisco UNIFY.

Todos los equipos que forman parte del sistema Telefonía Sobre IP (ToIP) están conectados a través de la red privada del cliente mientras que la conexión con las redes públicas de fijo y móvil se realiza a través de Gateways situados en las mismas ubicaciones que los servidores, es decir, en sedes de Toledo y en los NTPs.

#### **4.4.2 SISTEMA DE CENTRALITAS TDM**

La red de telefonía tradicional usa MD110, centralita del fabricante sueco Ericsson. Estas centralitas están distribuidas por todas las provincias y en la situación inicial el cliente cuenta con un total de 4555 extensiones.

Las centralitas de cada provincia están interconectadas de manera que existe una salida a la RTB por provincia. De esta manera, las llamadas intraprovinciales no requieren de salida a la RTB mientras que las llamadas interprovinciales o externas son centralizadas en una única salida a la red pública por provincia.



#### 4.4.3 SALIDA DIRECTA A LA RTB

Las sedes que no cuentan con ningún sistema interno de gestión de llamadas salen directamente a la RTB y es ésta última la que se encarga de gestionar y tarificar las llamadas ya sean llamadas provinciales, interprovinciales, internas o externas.

### 4.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS

Después del análisis de la situación inicial de las comunicaciones de voz del cliente, es posible conocer las carencias de la red. Los siguientes puntos muestran las carencias de la red y hacen que se plantee la búsqueda de soluciones más eficaces para las comunicaciones de voz.

- Red Heterogénea que usa diversos sistemas con problemas de conexión entre ellos.
- Existen tres tipos de configuraciones de sedes con sistemas diferentes, Telefonía IP, sedes con centralita y sedes con acceso directo a la RTB.
- La interconexión entre los diferentes sistemas de voz hace necesario el paso por la RTB en muchas ocasiones, lo que implica elevados costes.
- Elevado número de accesos a la RTB incluso con en sede con centralitas (Llamadas Interprovinciales)
- Muchas sedes acceden directamente a la RTB al no contar con ningún sistema adicional.
- Los accesos a la RTB hacen que los costes fijos aumenten significativamente.

Estos motivos entre otros, como mantener la vanguardia tecnológica hacen que se planteen alternativas más modernas y eficaces para las comunicaciones de voz. En los capítulos sucesivos, se detalla la solución propuesta para solventar las carencias presentadas.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

# CAPÍTULO 5

---

## DISEÑO DE LA RED DE DATOS

### 5.1 OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

Este capítulo contiene la solución propuesta al cliente para sus comunicaciones de datos.

Comenzamos el capítulo con una visión general de la solución. En este primer punto se muestran las necesidades de comunicación que solventa el nuevo diseño frente a la red inicial, así como se presentan los servicios con los que se va a trabajar durante el proyecto y como encajan estos sobre la nueva arquitectura de red.

Después, se analiza la solución de la arquitectura que se propone para la red definitiva basada en servicios de Telefónica.

Posteriormente se estudia el diseño de la situación intermedia, es decir, cómo se abordan las comunicaciones entre la red nueva y la antigua para evitar el aislamiento secciones de la red durante el tiempo que dure la migración.

Una vez definido el diseño de la interconexión de la red nueva con la antigua, se analiza el diseño de la red entrando más en el detalle provincial y por sedes.

Por último, se definen estructuras de enrutamiento y se muestra algunos ejemplos sobre flujos de tráfico entre sedes.

## 5.2 VISIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN PARA LA RED DE DATOS

Como se ha presentado en el capítulo 4 correspondiente a la situación inicial de la red, se muestra una red heterogénea por la que circula el tráfico de voz y de datos corporativos.

La red del cliente muestra una arquitectura provincial, con cinco provincias, centralizadas sobre una red centralizada en Toledo. Los circuitos sobre los que se ha desplegado dicha arquitectura pertenecen al cliente, aunque el mantenimiento y la gestión de la misma pertenecen a Telefónica. El alojamiento de la infraestructura es compartido, ya que como se vio en el capítulo 3, la electrónica se aloja en ocasiones en sedes del cliente y otras en emplazamientos de Telefónica.

El hecho de que la mayor parte de la electrónica sea perteneciente al cliente, crea problemas a la escalabilidad del sistema, ya que el coste cualquier modificación o mejora de la red recae sobre el cliente.

La red ATM del cliente, a pesar de tener varios mecanismos de redundancia, por su arquitectura en estrella presenta una fiabilidad inferior a la de redes MPLS como la propuesta, con una arquitectura totalmente mallada. Esto se debe a que una caída de un enlace en una arquitectura en estrella puede dejar incomunicada una sección entera de la red, mientras que en una red totalmente mallada, siempre existirá un camino hacia el destino.

La red inicial del cliente, centraliza el tráfico de sedes pequeñas en sedes más grandes. El tráfico de estas últimas se centraliza en una central telefónica por provincia. Esta estructura en estrella presenta más puntos críticos que una estructura mallada basada en MPLS, ya que el fallo de un solo punto, como puede ser una de las centrales de provincia, puede dejar aislada una sección de la red, en este caso una provincia.

A continuación, se va a presentar la propuesta de migración a una red homogénea y flexible, basada en los servicios comerciales de Telefónica. La red final está diseñada para que se alcancen los requisitos presentados por el cliente, en lo referente a calidades de servicio.

El resultado final es una red MPLS, completamente mallada para las comunicaciones integradas de todas las sedes que quedan dentro de este proyecto. Esta red se apoya fundamentalmente en el servicio MacroLAN<sup>19</sup>. Este servicio se basa en accesos de altas prestaciones a la red nacional de transporte<sup>20</sup> de Telefónica. Esta red de transporte es una red mallada de fibra óptica de gran capacidad y fiabilidad, que se usa para facilitar servicios de comunicación a corporaciones y empresas.

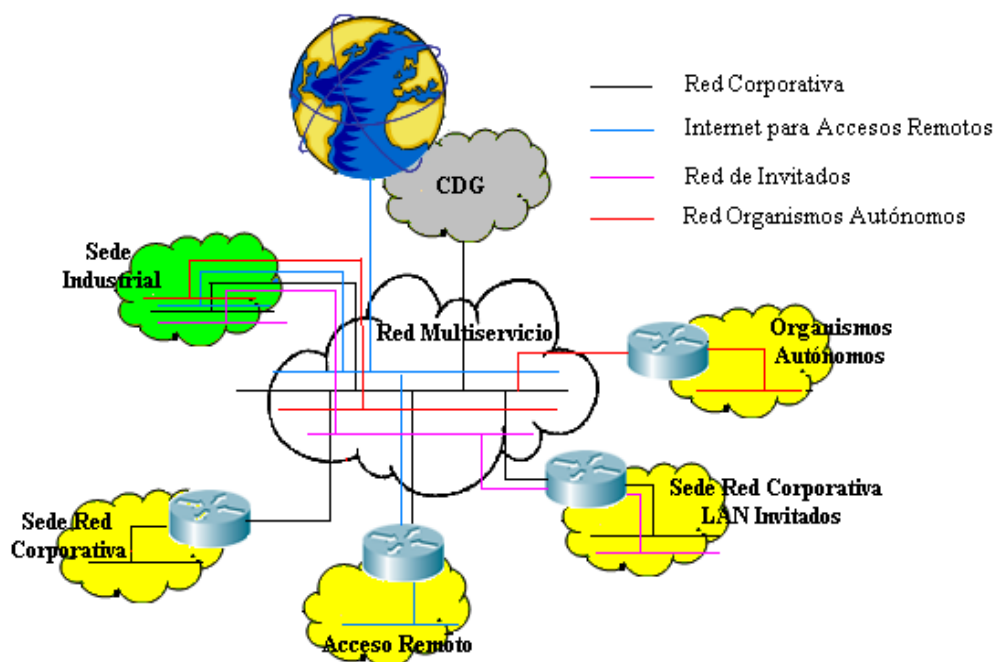


Ilustración 13: Sedes Conectadas Usando la Red MPLS

La ilustración 13 muestra como, una vez completa la migración, todas las sedes se comunican a través de la red MPLS. Más adelante se harán algunas consideraciones sobre sedes que requieren configuraciones especiales ya que necesitan accesos a servicios no corporativos. Además, hay que considerar que el cliente cuenta con una sede en Bruselas que, a efectos técnicos, será considerada como una sede más en la malla multiservicio del cliente. Las tipologías más relevantes serán presentadas a lo largo del capítulo.

<sup>19</sup> Servicio MacroLAN definido en el Capítulo 2 “Estado de la Cuestión”

<sup>20</sup> Red de Transporte Nacional definida en el Capítulo 2 “Estado de la Cuestión”

La red de transporte, es gestionada por Telefónica y su infraestructura es compartida por los clientes a los que proporciona servicio. Para aislar unos clientes de otros se crean VLANs, así como si se quieren crear varias VLANs para independizar diferentes departamentos de una misma empresa. Esta posibilidad permite el acceso a diferentes aplicaciones en función del tipo de usuario que esté conectado.

### 5.3 LA RED MALLADA MPLS

La red mallada MPLS de Telefónica, también conocida como MacroLAN<sup>21</sup> debido a su nombre comercial permite dar diferentes servicios manteniendo la calidad de servicio contratada. Esto es posible gracias a que permite el marcado del tráfico en función del uso que se quiere realizar. De esta manera, un correo electrónico, será menos prioritario que una comunicación de voz sobre IP, ya que un aumento en el retardo en la llegada del correo electrónico no presenta ningún problema, mientras que en la llamada puede hacer imposible la comunicación.

Para poder acceder al servicio MacroLAN, es necesario definir dos parámetros por sede. El primero, corresponde al caudal del acceso que se quiere contratar. Es decir, es necesario conocer la cantidad de tráfico que cursará una sede, para poder dimensionar el acceso a la red MPLS. El segundo parámetro corresponde a la calidad de servicio para dicho tráfico. En cada sede es necesario estimar el tráfico que se dedicará a servicios prioritarios como voz o vídeo, el tráfico no prioritario pero crítico y tráfico no crítico.

#### 5.3.1 CAUDAL METROPOLITANO EN MACROLAN

Cualquier sede que contrate el servicio MacroLAN necesitará tener asociada un caudal Metropolitano. Este caudal es el que se dota a dicha sede para que acceda a la MAN de la provincia en la que se encuentra.

---

<sup>21</sup> Servicio MacroLAN. Ver capítulo 2 Estado de la Cuestión.

El caudal Metro controla todo el tráfico inyectado desde el Equipo en Domicilio de Cliente (EDC) hacia la red MPLS, concretamente hacia la MAN de la provincia independientemente del tipo del mismo o destino al que se dirija.

Es un caudal Ethernet, lo que quiere decir que para su control se tiene en cuenta toda la trama y no solo la parte IP. Su control se realiza en el EDC, cuando el tráfico es hacia la MAN, y en la MAN cuando el tráfico es en sentido inverso.

### 5.3.2 CALIDAD DE SERVICIO EN SERVICIO MACROLAN

La red mallada MPLS, es capaz de cursar diferentes tipos de tráfico, así como los diferentes servicios que requieren los clientes. Cada servicio transportado por la red debe cumplir unos requisitos de retardo y jitter para su correcto funcionamiento, pero estos no son iguales para todas las aplicaciones.

Por ejemplo, en telefonía IP, un aumento en el retardo de las comunicaciones, por pequeño que sea, puede hacer imposible la comunicación. Sin embargo, si lo que se está transportando es un correo electrónico, el retardo no es tan crítico.

Cada clase de servicio presenta unos acuerdos de nivel de servicio (SLA) diferentes en lo referente a:

- Retardo máximo entre comunicaciones.
- Jitter. Variabilidad del retardo medio.
- Pérdida de paquetes.

El servicio MacroLAN permite contratar porcentajes del caudal contratado de diferentes calidades de servicio para poder cursar diferentes aplicaciones. En los servicios gestionados, se

ofrece a los clientes tres clases de servicios. Será necesaria una estimación del tráfico de cada clase que se requiere para poder diseñar la red acorde a dichas necesidades.

Existen cuatro clases de servicio: Plata, Oro, Multimedia, y una clase adicional para el tráfico de gestión que es transparente al cliente y que es usada únicamente por los elementos de la red. A continuación se describen sus características.

- **Clase Plata:**

Prioridad normal, es el que se asigna por defecto. Está orientada a tráfico de Internet que no tiene requisitos altos en cuanto a Jitter, retardo o pérdida.

Tanto EDCs, equipos PE de Telefónica (Provider Edge) y la MAN controlan el flujo de éstos, en función del caudal contratado.

- **Clase Oro:**

Prioridad normal, orientada a aplicaciones críticas ya que los acuerdos de nivel de servicio (SLA) asociados a la pérdida de paquetes y retardos son más exigentes que en la clase Plata.

Tanto EDCs, equipos PE de Telefónica (Provider Edge) y la MAN controlan el flujo de estos, en función del caudal contratado.

- **Clase Multimedia:**

Prioridad Máxima kontratable, orientada a servicios muy sensibles a retardo o Jitter como voz sobre IP (VoIP), video conferencias u otros servicios que dependan del retardo.

Tanto EDCs, equipos PE de Telefónica (Provider Edge) y la MAN controlan el flujo de estos, en función del caudal contratado.



- **Clase Gestión:**

No es una clase de servicio contratable. Se asocia a la gestión de los EDCs y otros elementos de la red. Es manejada por la propia inteligencia de la red. Se garantiza el caudal tanto en las conexiones a la MAN como a la red IP/MPLS.

## 5.4 TIPOS DE SEDE EN SERVICIO MACROLAN

La oferta del servicio MacroLAN en cuanto a tipos de sedes es altamente personalizable al tipo de requisitos que tenga cada cliente en cada uno de sus emplazamientos. En esta sección se presentan algunas de las configuraciones posibles.

La descripción que se va a hacer acerca de las sedes en esta sección se centra en las características del hardware y de los accesos y no tanto en su arquitectura. Esta descripción es esencial a la hora de valorar el impacto económico de la infraestructura que se va a montar, ya que el precio de cada elemento es diferente. Con esta descripción, la valoración económica de cada tipo de sede se podría hacer de manera directa, tan solo sumando los elementos presentes en cada sede. Esta valoración se ha dejado fuera del proyecto ya que presenta problemas de confidencialidad en cuanto a los precios usados.

En general, las diferentes tipologías de sedes incluyen:

- Línea de acceso principal.
- Línea de respaldo.
- Caudal metropolitano, seleccionado a la máxima capacidad de línea y con una distribución de la calidad de servicio:

Tipos de Tráfico	Porcentaje en el Caudal Metropolitano
Plata	70 %

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Oro	20 %
Multimedia	10 %

- Caudal metropolitano, en la línea de back up con las mismas características que en la principal.
- Electrónica necesaria para la línea principal.
- Electrónica necesaria para la línea de respaldo.

En cuanto a los interfaces que se ofrecen en el punto de acceso al servicio se destacan los siguientes:

- **Ethernet 10BaseT**. Estándar 802.3, conector RJ45 y cable UTP cat3 o mayor.
- **FastEthernet 100BaseTX**. Estándar 802.3, conector RJ45 y cable UTP cat5 o mayor.
- **GigaBit Ethernet 1000BaseSX**. Estándar 802.3, conector SC/PC o LC (en función del equipo EDC) para fibra multimodo.

Los accesos son todos Full Duplex, con velocidades de 10, 100 o 1000 Mbps.

#### 5.4.1 SEDES TIPO A

Este tipo de sede se propone para sedes grandes, que cursen una gran cantidad de tráfico y requieran una alta fiabilidad. Para ello se proponen accesos tanto principal como de respaldo de 1 Gbps con doble EDC. De esta manera, en caso de que el EDC principal o el acceso estén caídos, la salida por la línea de respaldo será transparente para el cliente. Los conceptos a valorar en dichos sistemas aparecen en la siguiente tabla.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

<b>Sede Tipo A (1G/1G)</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Ud.</b>
<b>Accesos</b>	
Acceso MacroLAN (Tipo Acceso: Principal, Zona: Caliente, Velocidad Acceso: 1 Gbps)	1
Acceso MacroLAN (Tipo Acceso: Diversificado Backup, Zona: Caliente, Velocidad Acceso: 1 Gbps)	1
<b>Caudales</b>	
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Plata, Caudal: 900 Mbps)	1
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Oro, Caudal: 90 Mbps)	1
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Multimedia, Caudal: 10 Mbps)	1
<b>Despiece EDC</b>	
WS-C3560-24TS-E-[*Cisco 3560-[24-10/100 and 2 SFP ports: Enhanced Image (IP Services)]]	2
GLC-LH-SM=-[*GE SFP,LC Connector-LX/LH Transceiver,2 Latiguillos 1fibra monomodo 10m.LC/PC-SC/APC]	2
GLC-SX-MM=-[1000BASE-SX,LC Connector-SX Transceiver+2 latiguillos 1 fibra multimodo 10m LC/PC-SC/PC]	2
CAB-ACE-[*Power Cord Europe]	2
Instalación - WS-C3560-24TS-E-[*Cisco 3560-[24-10/100 and 2 SFP ports: Enhanced Image (IP Services)]]	2
Mantenimiento: Avanzado - WS-C3560-24TS-E-[*Cisco 3560-[24-10/100 and 2 SFP ports: Enhanced Image (IP Services)]]	2

En cuanto a los requisitos de conexión y la ocupación en el Rack, este sistema requiere:

- Ocupación de 2 U para equipos de comunicaciones.
- Ocupación de 2 U para bandejas de fibra
- 2 puertos LAN ópticos MM para conectores LC/PC-SC/PC
- Alimentación de AC 220V

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a Escala Nacional

### 5.4.2 SEDES TIPO B

Este tipo de sede se propone instalar en sedes intermedias, que cursen una cantidad elevada de tráfico y requieran una alta fiabilidad. Para ello se proponen accesos tanto principal como de respaldo de 100 Mbps con doble EDC. De esta manera, en caso de que el EDC principal o el acceso estén caídos, la salida por la línea de respaldo será transparente para el cliente. Los conceptos a valorar en dichos sistemas aparecen en la siguiente tabla.

<b>Sedes Tipo B (100/100)</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Ud.</b>
<b>Accesos</b>	
Acceso MacroLAN (Tipo Acceso: Principal, Zona: Caliente, Velocidad Acceso: 100 Mbps)	1
Acceso MacroLAN (Tipo Acceso: Diversificado Backup, Zona: Caliente, Velocidad Acceso: 100 Mbps)	1
<b>Caudales</b>	
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Plata, Caudal: 90 Mbps)	1
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Oro, Caudal: 9 Mbps)	1
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Multimedia, Caudal: 1 Mbps)	1
<b>Despiece EDC</b>	
WS-C3560-24TS-E-[*Cisco 3560-[24-10/100 and 2 SFP ports: Enhanced Image (IP Services)]]	2
GLC-LH-SM=-[*GE SFP,LC Connector-LX/LH Transceiver,2 Latiguillos 1fibra monomodo 10m.LC/PC-SC/APC]	0
CAB-ACE-[*Power Cord Europe]	2
Instalación - WS-C3560-24TS-E-[*Cisco 3560-[24-10/100 and 2 SFP ports: Enhanced Image (IP Services)]]	2
Mantenimiento: Avanzado - WS-C3560-24TS-E-[*Cisco 3560-[24-10/100 and 2 SFP ports: Enhanced Image (IP Services)]]	2

En cuanto a los requisitos de conexión y la ocupación en el Rack, este sistema requiere:

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

- Ocupación de 2 U para equipos de comunicaciones.
- Ocupación de 1 U por fibra para conversor de medio electro-óptico (no enrackable).
- Ocupación de roseta de fibra óptica en Rack.
- Ocupación de 2 puertos LAN RJ45 10/100
- Alimentación de AC 220V.

### 5.4.3 SEDES TIPO C

Este tipo de sede se propone para sedes intermedias, que cursen una cantidad moderada de tráfico y requieran una alta fiabilidad. Para ello se propone un acceso principal de 10 Mbps con un respaldo de la línea por ADSL. De esta manera, en caso de que el EDC principal o el acceso estén caídos, la salida se hará por el ADSL. Esta solución, permite mantener la redundancia en la sede, reduciendo los costes ya que la línea ADSL tiene un coste inferior. Los conceptos a valorar en dichos sistemas aparecen en la siguiente tabla.

<b>Sedes Tipo C (10/ADSL Avanzado)</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Ud.</b>
<b>Accesos</b>	
Acceso MacroLAN (Tipo Acceso: Principal, Zona: Caliente, Velocidad Acceso: 10 Mbps)	1
Acceso ADSL (Tipo Filtrado: Centralizado, Accesos ADSL: Advance [4Mb/512Kb])	1
Línea Individual(STB) (Operador TdE: SI)	1
Línea Individual(STB) (Operador TdE: SI)	1
<b>Caudales</b>	
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Plata, Caudal: 8 Mbps)	1
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Oro, Caudal: 1 Mbps)	1

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Multimedia, Caudal: 1 Mbps)	1
<b>Despiece EDC Cisco</b>	
CISCO1841-[Cisco 1841 -Modular Router w/2xFE, 2 WAN slots, 32 FL/128 DR w/ Cisco IOS IP Software]	1
CAB-ACE-[*Power Cord Europe]	1
HWIC-4ESW-[EtherSwitch de 4 puertos 10/100]	1
HWIC-1ADSL-[*1-port ADSLoPOTS HWIC]	0
ACS-1841-RM-19=-[Rackmount kit for 1841]	1
S184AESK9-[Cisco 1841. IOS Advance Enterprise Services]	1
MEM1800-32U64CF-[Cisco 1800. Ampliación de 32 a 64 MB Flash]	1
MEM1841-128U192D-[Cisco 1841. Ampliación de 128 a 192 MB DRAM]	1
Instalación - CISCO1841-[Cisco 1841 -Modular Router w/2xFE, 2 WAN slots, 32 FL/128 DR w/ Cisco IOS IP Software]	1
Mantenimiento: Avanzado - CISCO1841-[Cisco 1841 -Modular Router w/2xFE, 2 WAN slots, 32 FL/128 DR w/ Cisco IOS IP Software]	1
<b>Despiece EDC BackUp</b>	
CISCO877-M-K9-[*Cisco 877-M-K9 ADSL Security Router,CAB-AC2E,RJ11Straight Cable]	1
CAB-AC2E-[*AC Power cord Europe]	1
S870ASK9-[Cisco 870 Series IOS ADVANCED SECURITY]	1
Instalación - CISCO877-M-K9-[*Cisco 877-M-K9 ADSL Security Router,CAB-AC2E,RJ11Straight Cable]	1
Mantenimiento: Avanzado - CISCO877-M-K9-[*Cisco 877-M-K9 ADSL Security Router,CAB-AC2E,RJ11Straight Cable]	1

En cuanto a los requisitos de conexión y la ocupación en el Rack, este sistema requiere:

- Ocupación de 1 U para equipo de comunicaciones enrackable.
- Ocupación de 1 U para equipo de comunicaciones no enrackable sobre el anterior-
- Conversor de medio electro-óptico.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

- Ocupación de roseta de fibra óptica en Rack + PTR ADSL
- Ocupación de 2 puertos LAN RJ45 10/100
- Alimentación de AC 220V.

#### 5.4.4 SEDES TIPO D

Este tipo de sede se propone instalar en sedes intermedias, que cursen una cantidad moderada de tráfico y requieran una alta fiabilidad. Para ello se propone un acceso principal de 10 Mbps con una línea de respaldo por ADSL. De esta manera, en caso de que el EDC principal o el acceso estén caídos, la salida se hará por el ADSL. Esta solución, permite mantener la redundancia en la sede, reduciendo los costes, ya que el coste de una línea de ADSL es inferior. Además, en este tipo de sedes se ofertan equipos Teldat con prestaciones similares y con precios inferiores. Los conceptos a valorar en dichos sistemas aparecen en la siguiente tabla.

<b>Sedes Tipo D (10/ADSL Avanzado)</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Ud.</b>
<b>Accesos</b>	
Acceso MacroLAN (Tipo Acceso: Principal, Zona: Caliente, Velocidad Acceso: 10 Mbps)	1
Acceso ADSL (Tipo Filtrado: Centralizado, Accesos ADSL: Advance [4Mb/512Kb])	1
Línea Individual(STB) (Operador TdE: SI)	1
Línea Individual(STB) (Operador TdE: SI)	1
<b>Caudales</b>	
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Plata, Caudal: 8 Mbps)	1
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Oro, Caudal: 1 Mbps)	1
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Multimedia, Caudal: 1 Mbps)	1
<b>Despiece EDC Teldat Principal</b>	

EDC NO ESTANDAR (Teldat Atlas 150)	1
Instalación - RCATH150-[*ATLAS 150: 2 FastEthernet 10/100, 128 MB SDRAM, 16 MB FLASH, 2 Slots de ampliación PCI]	1
Mantenimiento: Avanzado - RCATH150-[*ATLAS 150: 2 FastEthernet 10/100, 128 MB SDRAM, 16 MB FLASH, 2 Slots de ampliación PCI]	1
<b>Despiece EDC Teldat backup</b>	
EDC NO ESTANDAR (Teldat Atlas C1+L)	1
Instalación - RCC2H1A2-[*Teldat C1i+: Router IP, 1 ADSL2+ + 1 BRI + 1 Switch 4 Puertos ETH 10/100]	1
Mantenimiento: Avanzado - RCC2H1A2-[*Teldat C1i+: Router IP, 1 ADSL2+ + 1 BRI + 1 Switch 4 Puertos ETH 10/100]	1

En cuanto a los requisitos de conexión y la ocupación en el Rack, este sistema requiere:

- Ocupación de 1 U para equipo de comunicaciones enrackable.
- Ocupación de 1 U para equipo de comunicaciones no enrackable sobre el anterior-
- Conversor de medio electro-óptico.
- Ocupación de roseta de fibra óptica en Rack + PTR ADSL
- Ocupación de 2 puertos LAN RJ45 10/100
- Alimentación de AC 220V.

#### 5.4.5 SEDES TIPO E

Este tipo de sede se propone instalar en sedes pequeñas, que cursen una cantidad reducida de tráfico y que su fiabilidad no sea extrema. Para ello se propone un acceso principal de 10 Mbps con la línea de respaldo del acceso por ADSL pero usando un único equipo EDC. De esta manera, al contar con dos enlaces si uno está caído, saldremos por el otro. Esta solución, permite mantener algunas propiedades de la redundancia, reduciendo significativamente los costes. Además, en este tipo de sedes se ofertan equipos Teldat con prestaciones similares y

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional



con precios inferiores. Los conceptos a valorar en dichos sistemas aparecen en la siguiente tabla.

<b>Sedes Tipo D.1 (10/ADSL Avanzado)</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Ud.</b>
<b>Accesos</b>	
Acceso MacroLAN (Tipo Acceso: Principal, Zona: Caliente, Velocidad Acceso: 10 Mbps)	1
Acceso ADSL (Tipo Filtrado: Centralizado, Accesos ADSL: Advance [4Mb/512Kb])	1
Línea Individual(STB) (Operador TdE: SI)	1
Línea Individual(STB) (Operador TdE: SI)	1
<b>Caudales</b>	
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Plata, Caudal: 8 Mbps)	1
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Oro, Caudal: 1 Mbps)	1
Caudal Metro (Zona: Caliente, Clase Caudal: Multimedia, Caudal: 1 Mbps)	1
<b>Despiece EDC Teldat</b>	
EDC NO ESTANDAR (Teldat Altas 152)	1
Instalación - RCATH152-[*ATLAS 152:ADSL2+,1 SWITCH 8 PUERTOS FASTETH 10/100,RDSI,128SDRAM,16MB F,1 SLOT AMPL.PCI]	1
Mantenimiento: Avanzado - RCATH152-[*ATLAS 152:ADSL2+,1 SWITCH 8 PUERTOS FASTETH 10/100,RDSI,128SDRAM,16MB F,1 SLOT AMPL.PCI]	1

En cuanto a los requisitos de conexión y la ocupación en el Rack, este sistema requiere:

- Ocupación de 1 U para equipo de comunicaciones enrackable.
- Ocupación de roseta de fibra óptica en Rack + PTR ADSL
- Ocupación de 1 puertos LAN RJ45 10/100

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a Escala Nacional

- Alimentación de AC 220V.

#### 5.4.6 SEDES TIPO F

Este tipo de sede se propone para sedes pequeñas, que cursen una cantidad reducida de tráfico y que su fiabilidad no sea crítica. Para ello se propone un acceso principal de 2 Mbps sin línea de respaldo. Esta solución supone un riesgo para las comunicaciones, sin embargo, en sedes pequeñas sin muchos usuarios, supone una solución económica. Los conceptos a valorar en dichos sistemas aparecen en la siguiente tabla.

<b>Sedes Tipo F (CLASS)</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Ud.</b>
<b>Accesos</b>	
Acceso ADSL (Tipo Filtrado: Centralizado, Accesos ADSL: Class [2Mb/320Kb])	1
Línea Individual(STB) (Operador TdE: SI)	1
Línea Individual(STB) (Operador TdE: SI)	1
<b>Caudales</b>	
Caudal VPN IP ADSL (Accesos ADSL: Class, Redundancia: Principal, Clase Caudal: 50% Plata, 25% Oro y 25 Multimedia)	1
<b>Despiece EDC</b>	
CISCO877-M-K9-[*Cisco 877-M-K9 ADSL Security Router,CAB-AC2E,RJ11Straight Cable]	1
CAB-AC2E-[*AC Power cord Europe]	1
S870ASK9-[Cisco 870 Series IOS ADVANCED SECURITY]	1
Instalación - CISCO877-M-K9-[*Cisco 877-M-K9 ADSL Security Router,CAB-AC2E,RJ11Straight Cable]	1
Mantenimiento: Avanzado - CISCO877-M-K9-[*Cisco 877-M-K9 ADSL Security Router,CAB-AC2E,RJ11Straight Cable]	1

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

En cuanto a los requisitos de conexión y la ocupación en el Rack, este sistema requiere:

- Ocupación de 1 U para equipo de comunicaciones no enrackable.
- Espacio en Rack para PTR ADSL
- Ocupación de 1 puertos LAN RJ45 10/100
- Alimentación de AC 220V.

## 5.5 CAUDALES NACIONALES EN SERVICIO MACROLAN

Además de los caudales que se reservan en cada sede para la salida de los usuarios de esa sede a la MAN de la provincia, es necesaria la contratación de caudales nacionales agregados para la conexión con la red Nacional en el caso de que la red esté presente en varias provincias.

Para el dimensionamiento del caudal nacional, que se reserva por provincia, debemos tener en cuenta cuanto tráfico de las sedes de esa provincia saldrá fuera de la misma. Si todo el tráfico que circula por una misma provincia, se quedara entre sedes de la región, no sería necesaria la reserva de tráfico nacional.

Al igual que el caudal metropolitano, el caudal nacional agregado de cada provincia mantiene la calidad de servicio. Este se reserva en función del tráfico esperado de salida de la red metropolitana de cada tipo (plata, oro, multimedia<sup>22</sup>).

La siguiente tabla recoge el caudal nacional agregado que se ha calculado, por provincia, para dar el servicio requerido.

---

<sup>22</sup> Calidades de Tráfico desarrolladas en sección 5.3.2

Detalle - Caudales Nacionales	
Concepto	Ud.
<b>Caudales</b>	
Caudal Nacional Agregado <sup>23</sup> (Provincia: Clase Caudal: Plata, Caudal: 200 Mbps)	4
Caudal Nacional Agregado (Provincia: Clase Caudal: Plata, Caudal: 300 Mbps)	1
Caudal Nacional Agregado (Provincia: Clase Caudal: Multimedia, Caudal: 20 Mbps)	4
Caudal Nacional Agregado (Provincia: Clase Caudal: Multimedia, Caudal: 30 Mbps)	1

En resumen, se estima que se necesitaran para Toledo, 300Mbps Plata y 30 Mbps Multimedia y para el resto de provincias, 200Mbps Plata y 20Mbps Multimedia.

## 5.6 DISEÑO DE LA MIGRACIÓN

En este punto, ya se han presentado las características del diseño de la red final. Se ha mostrado las características fundamentales de la red MPLS de transporte nacional de Telefónica y como se conectan las sedes a la red mediante el servicio MacroLAN.

Sin embargo, uno de los problemas con los que nos vamos a encontrar para el diseño de la migración se debe a la dimensión de la red. Se trata, como se ha podido ver previamente en este documento, de una red presente en diversas provincias, con muchas sedes separadas por toda la geografía española. Este hecho hace necesario crear una solución intermedia para que las sedes migradas y no migradas puedan comunicarse entre ellas, ya que no es factible la migración de todo el sistema al mismo tiempo.

Para ello se han diseñado unas pasarelas de interconexión entre la actual red ATM y la nueva red MacroLAN.

<sup>23</sup> El Caudal Nacional Agregado es el tráfico que circula por la MPLS de una provincia a otra.

Existirá una pasarela de interconexión entre las redes ATM y la red MacroLAN en cada provincia. Por estas pasarelas irá tanto comunicaciones de voz como de datos. Estas pasarelas estarán activas durante el tiempo que dure la migración.

### **5.6.1 PASARELAS DE INTERCONEXIÓN**

La red ATM<sup>24</sup> del cliente, como se explicó en el capítulo 4 dedicado al análisis de la situación inicial de la red del cliente, presenta una estructura que centraliza el tráfico de cada provincia en una central telefónica. En estas centrales se aloja además, la electrónica necesaria para los servicios de voz, por lo que son puntos óptimos para la creación de las pasarelas de interconexión.

La única excepción es la provincia de Toledo, en la que se recuerda que era la Sede Industrial la que realizaba las funciones de central en esa provincia. Por la misma razón, en la provincia de Toledo, la pasarela de interconexión se instalará en la Sede Industrial.

#### **5.6.1.1 ARQUITECTURA DE LAS PASARELAS DE PROVINCIA**

La arquitectura de la red ATM de las provincias, concentra el tráfico en una central telefónica. Esto hace que sea el punto idóneo para la localización de las pasarelas con la red MPLS ya que además es allí donde está localizada también la electrónica de los servicios de voz.

---

<sup>24</sup> ATM o Asynchronous Transfer Mode. Ver Tema 1 Estado de la Cuestión

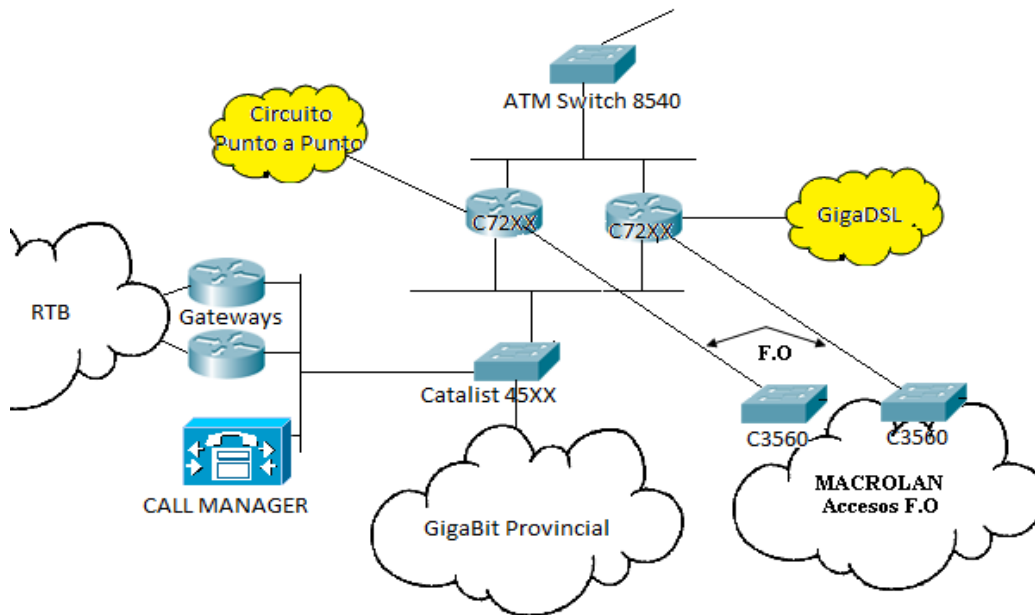


Ilustración 14: Arquitectura de las Pasarelas de Interconexión en Provincias

La ilustración 14 muestra la arquitectura de las pasarelas de interconexión entre las red ATM y MPLS presentes en las centrales provinciales. El hardware necesario, presente en dichos nodos de comunicaciones según el diseño realizado es el siguiente:

- **ATM Switch.** Concentra el tráfico ATM para la unión con Toledo. Además, concentran el tráfico proveniente de los circuitos punto a punto y los GigaDSL provinciales.
- **Routers Centrales.** Estos equipos conocen todas las rutas, sean de la red nueva o antigua. Son los encargados de enlazar ambas redes.
- **LAN de Voz.** Gestiona las comunicaciones de voz a través del Call Manager. La salida a la red pública se hace mediante los Gateways
- **Switch LAN de Voz.** Concentra el tráfico de los GigabitEth a la vez que sirve de enlace con la LAN de voz y los routers 72xx.
- **Switch MacroLAN.** Son los accesos a la red MPLS. Están conectados a los Routers centrales y se encargan de hacer el traspaso y marcado de tráfico entre ambas redes. Hacen routing dinámico.

Las pasarelas de interconexión servirán además de conectar las redes ATM y MacroLAN, para dar respaldo al sistema ante una posible situación de contingencia. Por la propia filosofía de la pasarela, el tráfico hacia otra provincia que no pueda salir por la conexión ATM, se reencaminará haciendo uso del acceso MacroLAN.

#### 5.6.1.2 ARQUITECTURA DE LA PASARELA EN LA SEDE INDUSTRIAL

Como se ha descrito en el capítulo 4 dedicado al análisis de la red inicial del cliente, la Sede Industrial de la provincia de Toledo aloja el nodo de interconexión de la red ATM centralizando el tráfico de dicha provincia.

Está presente en dicho nodo la electrónica necesaria para la gestión de las comunicaciones de voz y sirve además como punto de conexión con redes externas, por lo que funciona como sumidero de tráfico desconocido. Estas razones, hacen que sea el punto idóneo para configurarse como ruta por defecto para todas las pasarelas.

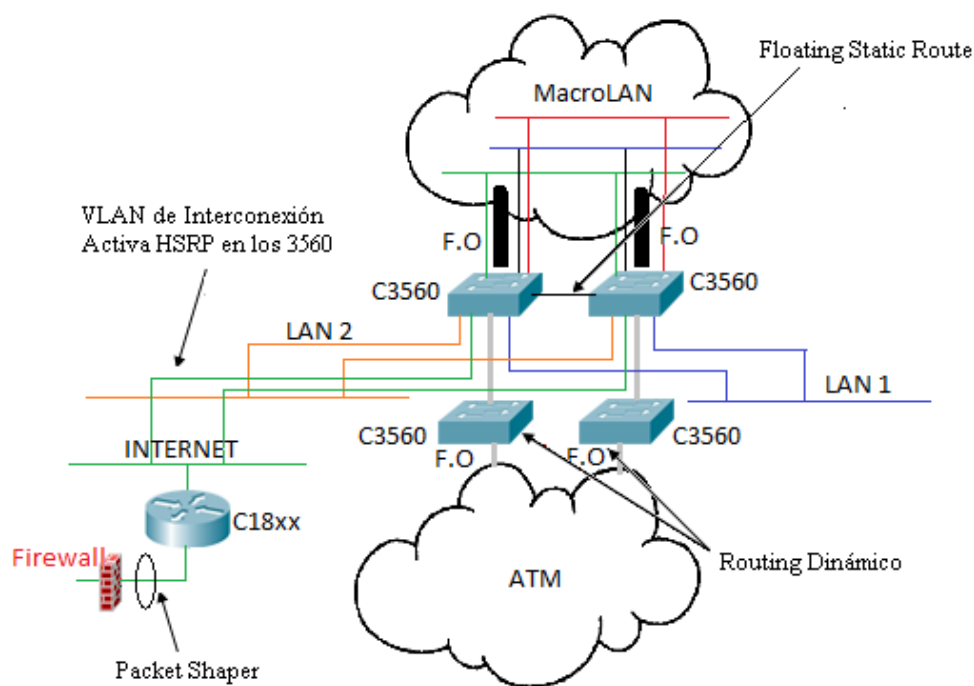


Ilustración 15: Arquitectura de la Pasarela de Interconexión en la Sede Industrial

La ilustración 15 muestra la arquitectura del nodo de comunicaciones presente en la Sede Industrial. Para el diseño de las modificaciones necesarias del nodo, para poder instalar la pasarela de interconexión, es necesaria la inclusión de diversos equipos y accesos.

Para los accesos hacia la red MPLS se han diseñado accesos de 1 Gbps de fibra óptica principal y respaldo del servicio MacroLAN. Estos accesos son estándar del servicio y son capaces de cursar una gran cantidad de tráfico de manera que se garantice la calidad del servicio.

- Acceso principal de F.O. de 1Gbps.
- Acceso secundario de F.O. en modo respaldo de 1Gbps.

En cuanto a la electrónica necesaria para los accesos diseñados, es imprescindible incluir un switch para cada acceso, garantizando así el respaldo total, en caso de contingencia. El equipo concreto se escogerá durante el despliegue de la red, pudiendo elegir únicamente entre equipos del catálogo de MacroLAN que superen 1Gbps.

- Electrónica principal.
- Electrónica secundaria.

El caudal que se elige en este tipo de configuraciones es siempre el máximo que permite el acceso, ya que al ser un elemento que formará parte del núcleo de la red, no tiene sentido limitarlo. Por tanto, el caudal será de 1 Gbps.

## **5.6.2 RED ATM INTERCONECTADA CON RED MPLS MEDIANTE LAS PASARELAS**

Como ya se ha comentado en varias ocasiones, la migración requiere una situación intermedia en la que ambas redes puedan comunicarse para evitar aislar sedes no migradas con sedes migradas.



Después del diseño realizado de las pasarelas, la ilustración 16 muestra la arquitectura de interconexión de la red ATM inicial con la red MPLS basada en servicios MacroLAN. Esta arquitectura permite realizar una migración paulatina y controlada.

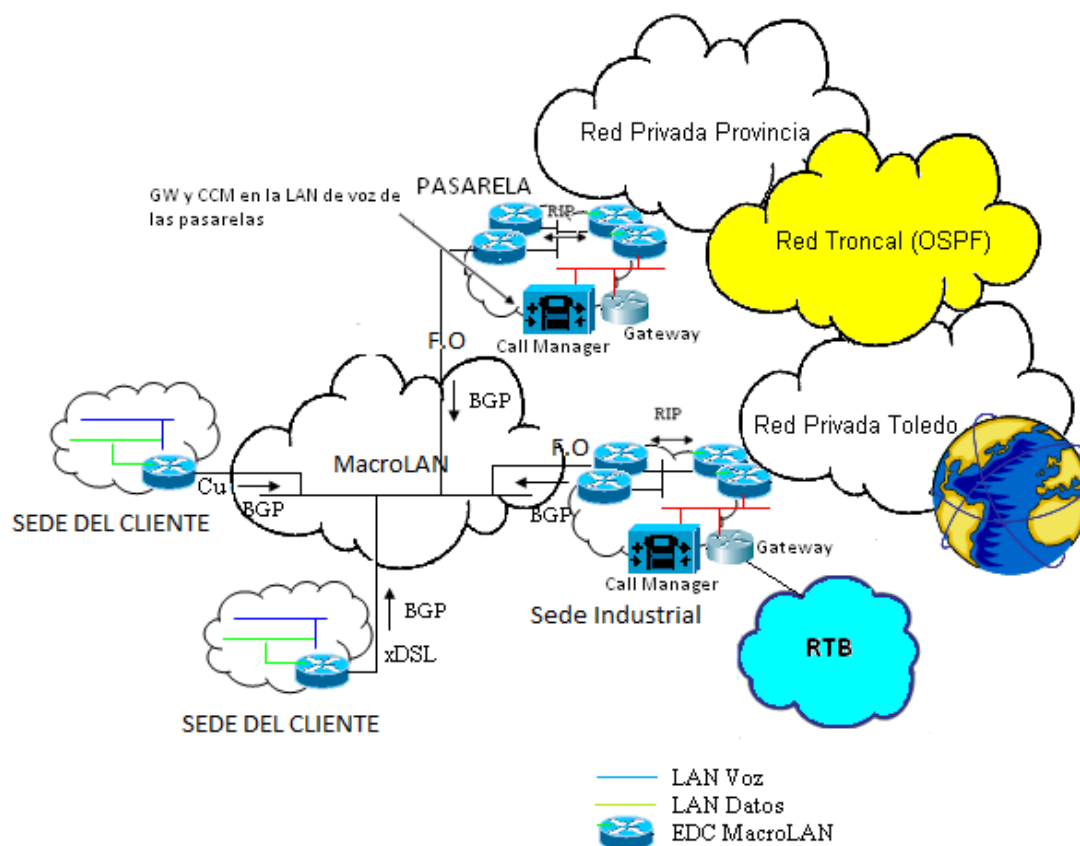


Ilustración 16: Arquitectura de Interconexión entre la red ATM y la red MPLS

La interconexión de ambas redes se hace en las pasarelas que se han diseñado en las centrales telefónicas de las provincias y en la pasarela diseñada para la consejería de industria. En la red ATM se localizan las sedes del cliente que no han sido migradas, mientras que las sedes que migradas aparecen en la red MPLS de servicios MacroLAN. Las pasarelas por tanto, pertenecen a ambas redes.

Las sedes de la antigua red corporativa, están basadas en Routing OSPF, creando un árbol jerárquico por provincias, irán poco a poco siendo migradas a la nueva red. Para el intercambio entre ambas redes, las pasarelas diseñadas anuncian una red a la otra.

La solución diseñada realiza una redistribución entre el Border Router Protocol (BGP) y Routing Information protocol (RIP). La interconexión a nivel de equipos se realizará mediante los routers del servicio MacroLAN y los routers de la antigua red del cliente que están físicamente localizadas en las centrales de Telefónica o en la Sede Industrial. Los Routers de la red ATM aprenden por OSPF el direccionamiento de la red antigua y por RIP el que anuncia los routers de la red MacroLAN.

El protocolo RIP tiene una mayor distancia administrativa, por lo que se va a considerar peor camino. La distancia administrativa es el peso que la red da a los enlaces. De esta manera, para elegir un camino frente a otro, se calculan las sumas de las distancias administrativas de los enlaces que los unen, y se escoge el camino que sea menor.

De esta manera, RIP, al tener una mayor distancia administrativa, hace que el tráfico de una red no se encamine hacia las pasarelas salvo que no exista un camino dentro de esa red al destino. Un paquete perteneciente a la red ATM no sale de esa red si hay un camino hacia el destino por dicha red. Lo mismo ocurre con el tráfico dentro de la red MPLS.

Una vez se termine el proceso de migración, esta configuración se eliminará ya que todas las sedes pertenecerán a la red MPLS.

## **5.7 DETALLE DEL DISEÑO PROPUESTO**

Hasta ahora hemos visto desde el punto de vista de la arquitectura de red, como crear una red MPLS para interconectar todas las sedes del cliente basándonos en servicios de Telefónica. Además, se han diseñado pasarelas de interconexión entre la red inicial del cliente basada en ATM con la nueva red, de manera que podemos realizar una migración paulatina y ordenada.

Las próximas páginas se dedican al análisis del diseño realizado para las distintas redes virtuales que se van a crear para los diferentes usuarios del cliente, así como el diseño de soluciones concretas de routing para distintos tipos de sedes.

### 5.7.1 DETALLE DE LA ARQUITECTURA VIRTUAL DE LA RED

En las secciones anteriores, hemos visto como se interconectaban la red ATM con la red MPLS y como se interconectaban a su vez las distintas sedes a estas redes. Ahora, vamos a entrar en la arquitectura virtual que se ha diseñado sobre la red MPLS para dar servicio a los distintos usuarios del cliente. De esta manera, se van a crear cinco redes virtuales que compartirán accesos y hardware en muchas ocasiones, pero que estarán aisladas de manera lógica.

- **Red Corporativa**

La red corporativa está formada por todas las sedes del cliente ya sean principales, o sedes provinciales que comparten una red multiservicio para voz y datos. Se ha diseñado esta red privada virtual para que se conecte entre los EDC de accesos MacroLAN y los switch de nivel 3 de la sede industrial que dan acceso a los diferentes servicios.

- **Red de Organismos Autónomos (O.A)**

Los Organismos Autónomos tienen necesidades de voz y datos. Las comunicaciones de voz se cursan por la red de voz corporativa, mientras que las comunicaciones de datos son independientes y circulan por una VPN diseñada específicamente para los datos de estos organismos. Esto se hace usando la funcionalidad de Multi-VRF de Cisco<sup>25</sup>.

- **Red de accesos remotos**

Se proporcionará acceso a Internet para accesos remotos desde la sede industrial. Se ha diseñado una VPN para estos centros que se mapea mediante Multi-VRF para dotarle de conexión tanto a la red corporativa como al exterior. Esta VPN conecta los puertos de un equipo DIBA de segundo nivel que concentra todo el tráfico a Internet, realiza la traducción de direcciones y gestiona las conexiones mediante listas de acceso.

---

<sup>25</sup> Multi-VRF está explicado en el capítulo 1 Estado de la Cuestión

- **Conexión a Internet**

La conexión a Internet estará alojada en el Centro de Datos Gestionados de Telefónica (CDG). Aquí se alojarán los elementos de seguridad perimetral que serán gestionados por Telefónica. La conexión con el CDG de Telefónica se realiza únicamente por la Sede Industrial.

- **VPN de Gestión**

Los equipos que realizan Multi-VRF necesitan una VPN. Esta red virtual es transparente al cliente y se encarga de la gestión para manejar los equipos de red.

### 5.7.2 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE ROUTING

El routing es esencial para la propagación de datos a través de cualquier red. En esta sección, se analiza el diseño propuesto para la propagación de los datos a través de la red diseñada.

Comenzaremos considerando el routing entre los EDCs<sup>26</sup> y los PEs<sup>27</sup> ya que es este el que permite la conexión de la LAN de la sede con la red MPLS. Se analizarán algunos protocolos estudiados para este fin.

Continuaremos el diseño por el routing propuesto para configuraciones particulares de distintas sedes.

Por último, se explica el diseño del routing entre las distintas redes virtuales diseñadas, así como en las pasarelas de interconexión.

---

<sup>26</sup> EDC – Equipo de Domicilio de Cliente

<sup>27</sup> PE – Provider Edge. Equipo perteneciente a la red del Operador al que se conecta el EDC.

### 5.7.2.1 ANÁLISIS DE PROTOCOLOS DE ROUTING ENTRE EDC Y PE

Entre los protocolos utilizables para redes como esta, nos encontramos con OSPF, BGP o RIP. El primer protocolo que se analizó fue OSPF, ya que al estar presente en la red inicial del cliente podría facilitar el trabajo. Sin embargo, fue descartado ya que no permite el crecimiento vegetativo por los siguientes motivos<sup>28</sup>:

- En una red OSPF se recomienda que el número dentro de una misma VLAN sea reducido dado que no escala.
- Toledo cuenta con más de 30 EDC y se recomienda que el número de routers corriendo OSPF en un mismo área no supere dicha cifra.
- Para evitar superar dicha cifra habría que crear varias áreas OSPF con puntos de interconexión entre ellas, creando redes en estrella jerárquicas dentro de cada MAN que aumentarían la complejidad.

Después de descartar OSPF, se han analizado los protocolos BGP y RIP. Las características principales que nos incumben para este proyecto se pueden ver a continuación.

Característica	BGP	RIPv2
Detección de Caídas	Unidireccionales	Bidireccionales
Tipo de Trafico	Unicast	Multicast
Complejidad	Complejo	Simple
Se utiliza en la red actual del cliente	No	Si

<sup>28</sup> Información obtenida de la página oficial de CISCO.

[http://www.cisco.com/en/US/tech/tk365/technologies\\_white\\_paper09186a0080094e9e.shtml#t39](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk365/technologies_white_paper09186a0080094e9e.shtml#t39)

En cuanto a los tiempos de convergencia presentados por estos protocolos, los de RIP son excesivamente elevados, presentando BGP tiempos más adecuados.

Además, el número de sedes en la VPN que están presentes en la red es elevado y en estos entornos es preferible usar BGP frente a RIP que escala peor.

La red se ha diseñado, necesita homogeneizar distintas tecnologías de acceso presentes en la red actual como son redes H-VPLS de fibra óptica, redes Frame Relay, redes móviles UMTS/HSXPA. Todas estas usan el protocolo de enrutamiento BGP. Para lograr esto, la nueva red MacroLAN se basa en un núcleo MPLS, donde, serán los equipos frontera los que redistribuyan las rutas que aprendan de las redes “periféricas”.

Los equipos frontera serán también los encargados de lidiar con el routing en todas las configuraciones posibles, como pueden ser doble acceso, único acceso, acceso y back up, etc. Estos equipos serán capaces de cursar tráfico de protocolos RIP y BGP.

En conclusión, y como se ha visto que BGP presenta mejores tiempos de convergencia y escalabilidad que RIP, será el encargado de cursar las comunicaciones hacia la red MacroLAN.

Sin embargo, las pasarelas de interconexión usarán RIP ya que el número de equipos que conectan está perfectamente definido y no va a crecer. RIP se configurará de modo que el salto que presenta de una red hacia la otra sea mayor que el de BGP. De esta manera se consigue que siempre se tenga más cerca un destino que está presente en la misma red, evitando así un excesivo uso de las pasarelas.

A modo de resumen, y aunque la configuración de equipos no es el objetivo de este proyecto, presentamos la configuración que van a tener los protocolos RIPv2 y BGP, que servirán para la comunicación entre EDCs y PEs.

#### 5.7.2.1.1 RIP v2

La configuración tradicional de RIP v2 se modifica según lo siguiente para lograr el comportamiento descrito.

- El temporizador “invalid” se configura a 90 segundos. Con esta modificación tanto en PEs como en EDCs conseguiremos reducir el tiempo de convergencia en caso de caída de algún nodo.
- Los EDCs por defecto solo anuncian hacia la red de banda ancha las direcciones de las LANS de las sedes que queden directamente conectada. Esto se consigue con un filtro correspondiente en el proceso de RIP.
- Para sedes que necesitan anunciar más sedes de las que están directamente conectadas, se añaden estas sedes al filtro. Estos EDCs aprenderán de forma dinámica. Esto es importante sobre todo en pasarelas de interconexión.
- La función “Poison Reverse” quedará desactivada para reducir el tráfico de routing sobre la MAN.
- Asimismo, los EDCs de una sede concreta no aprenden desde la Red de Banda Ancha los prefijos correspondientes a redes que se anuncian desde dicha sede.

#### 5.7.2.1.2 BGP

La configuración tradicional de BGP se modifica según lo siguiente para lograr el comportamiento descrito.

- Cada EDC mantiene dos sesiones BGP, una por cada uno de los PEs a los que se encuentra conectado.
- Los EDC, solo anuncian hacia la red de banda ancha las direcciones de las LANs a las que están directamente conectados. Para ello hay que utilizar el filtro correspondiente en el proceso de BGP.
- Para sedes que necesitan anunciar más sedes de las que están directamente conectadas, se añaden estas sedes al filtro. Este es el caso de las pasarelas de interconexión con la red ATM.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

- Los PEs necesitan soportar la función AS-override para poder dotar a todas las localizaciones del cliente el mismo número de AS. Si el cliente no cuenta con dicho número AS, se le asignaría uno. Suelen tener la forma 65000.
- Cada sede cuenta con un Site of Origin (SOO) en la configuración de los PEs para evitar bucles de routing.
- No se modifica el parámetro Next-Hop en los PEs, en las rutas que aprenden de la MAN cuando anuncian estas rutas al resto de EDCs de su MAN. Se evita así el mallado total con sesiones iBGP sobre la MAN entre EDCs. Los PEs solo reflejan sobre la MAN los prefijos aprendidos desde los EDCs.

### **5.7.2.2 DISEÑO DEL ROUTING EN LAS SEDES**

Ahora que ya hemos decidido los protocolos que vamos a usar, el siguiente paso es diseñar el routing en las diferentes sedes que se van a implantar.

Las diferentes tipologías de sedes pasan en general por distintos sistemas de redundancia en función de lo críticas que sean sus comunicaciones. El listado de tipologías de sedes que se muestra a continuación podría ser ampliado con otros, si aparece alguna necesidad nueva durante el proyecto.

#### **5.7.2.2.1 ROUTING EN SEDES CON DOBLE ACCESO Y DOBLE EDC**

Las sedes que requieren alta fiabilidad suelen tener doble acceso, ya sea de fibra óptica o de cobre, y dos equipos EDC. En los esquemas que se van a mostrar durante esta sección, no vamos a hablar de equipos concretos de ningún fabricante sino que nos vamos a limitar al caso general que será particularizado en cada sede concreta una vez se implemente el proyecto.

Las características más importantes de este tipo de configuración se pueden ver en la siguiente lista, y su esquema en la ilustración 17.



- Cada EDC genera dos sesiones eBGP con cada uno de los PEs que aparecen en el esquema.
- Los EDCs solo anuncian hacia la Red de Banda ancha, las LANs que están directamente conectadas. Esto se consigue mediante filtros de eBGP.
- Si hay que anunciar alguna sede más, se añadirá a los filtros de eBGP esta información independientemente de que el aprendizaje sea estático o dinámico.
- Los PEs soportan AS-override para poder utilizar el mismo número de AS en todas las localizaciones de la VPN del cliente.
- Configuración en todos los PEs de un Site of Origin (SOO) por sede para evitar la formación de bucles.
- No se modificará el parámetro Next-Hop en los PEs, en las rutas que aprendan de la MAN cuando anuncien estas rutas al resto de EDCs de su MAN. Se evita así el mallado total con sesiones iBGP sobre la MAN entre EDCs. Los PEs solo reflejarán sobre la MAN los prefijos aprendidos desde los EDCs.

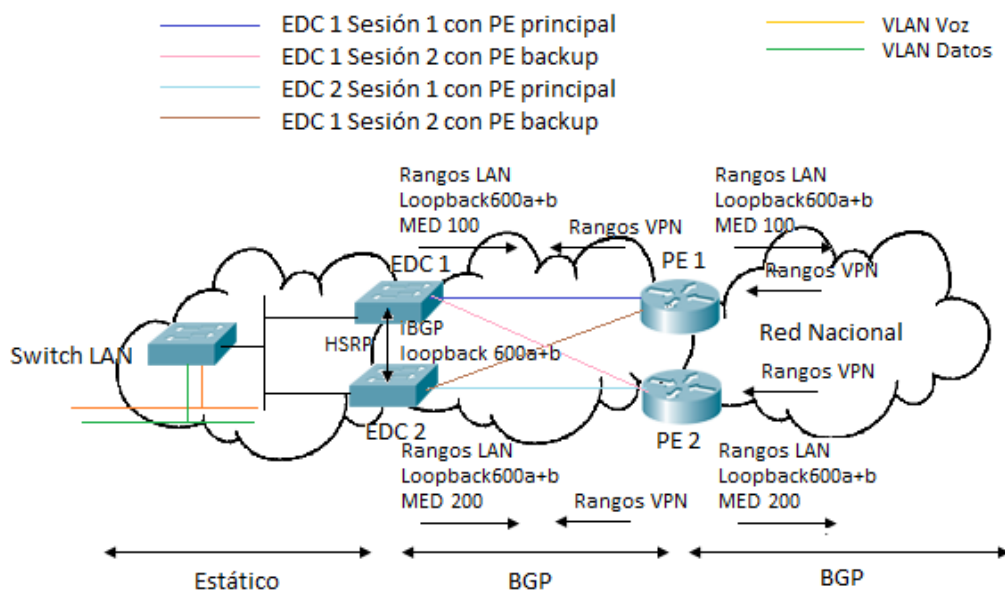


Ilustración 17: Routing en Sedes Con Doble Acceso y Doble EDC

#### 5.7.2.2.2 ROUTING EN SEDES CON ACCESO SIMPLE Y EDC ÚNICO

En las sedes con un único acceso y un único EDC, se tiene una arquitectura muy similar a la presentada anteriormente para doble acceso con doble EDC pero sin diversificación total. En este caso, el EDC establece dos sesiones BGP con cada uno de los PE. El EDC anuncia la LAN de la sede.

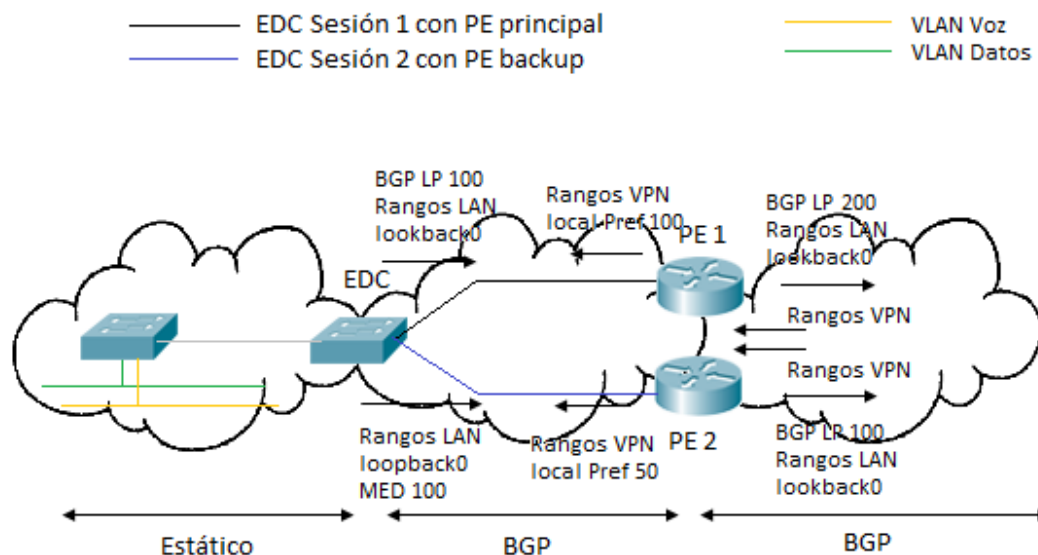


Ilustración 18: Routing en Sedes Con Acceso Simple y EDC Único

#### 5.7.2.2.3 ROUTING EN SEDES CON ACCESO DE FIBRA ÓPTICA Y RESPALDO ADSL

En el caso de que el acceso se haga por fibra óptica y la línea de respaldo sea ADSL, serán necesarios dos EDCs diferentes. Uno será el encargado de llevar el servicio MacroLAN y el otro el servicio VPN IP. El esquema que tiene este tipo de configuraciones se presenta a continuación.

- Ambos EDCs usarán protocolo BGP para las conexiones MacroLAN y VPN IP. Estos EDCs anunciarán las redes configuradas directamente o las que estén configuradas como estáticas que se quieran hacer visibles hacia el resto de la VPN.
- Como en otras configuraciones, se configura un Site of Origin (SOO) por sede, luego solo ambos EDCs comparten SOO.

- Entre los dos EDCs se configura una sesión iBGP por la LAN del Cliente. De esta manera, el EDC MacroLAN anuncia la ruta al EDC VPN IP pero el EDC VPN IP no anuncia nada al MacroLAN mientras el acceso MacroLAN este activo.
- Se habilitará un mecanismo de redundancia LAN entre los EDCs basado en HSRP para el Cisco (MacroLAN) y TVRP para el Teldat (VPN IP). Este será el encargado de señalar la caída del servicio MacroLAN.
- Las redes que anuncia los EDCs y se reciben en los PEs, principal y secundario, se distribuyen al MBGP con LP 200 y 100 respectivamente.
- Las redes que anuncian los EDCs y se reciben en el PE VPN IP, se distribuyen al MBGP con LP 50. Las anunciadas en dirección contraria, es decir, del PED al EDC, se marcan con MED=300.
- Se crea una sesión eBGP para el EDC MacroLAN. Esta irá marcada con MED 100 para las redes que se anuncian a la red.
- Se creará una sesión eBGP para el EDC VPN IP de Backup. Esta irá marcada con MED 100 para las redes que se anuncian a la red. Las redes recibidas por la sesión con Local Preference 90.

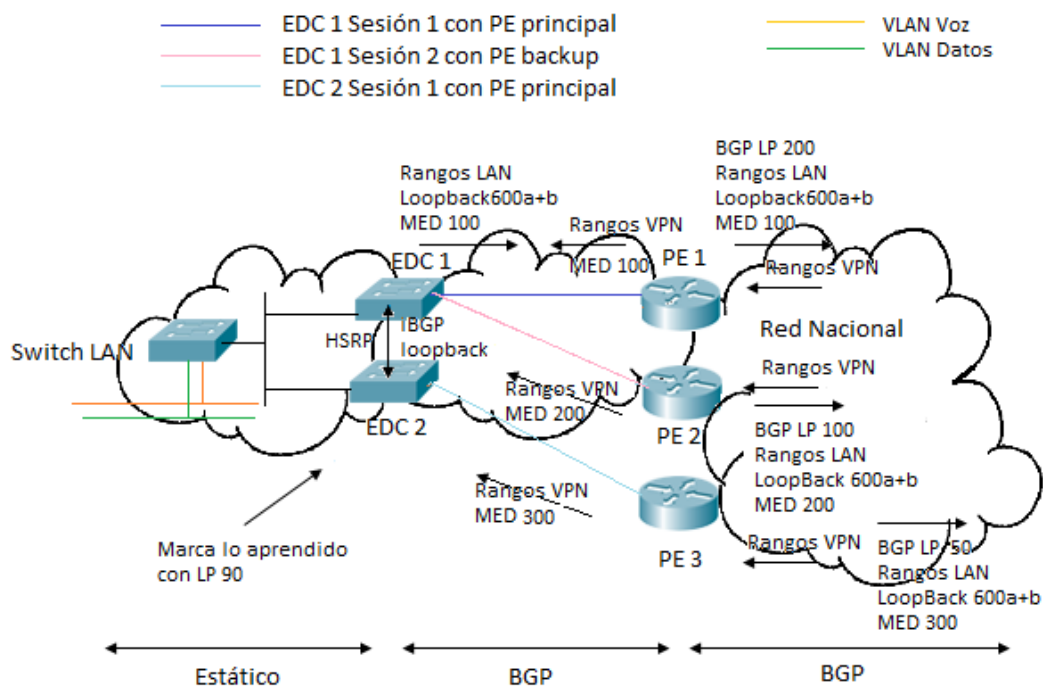


Ilustración 19: Routing en Sedes con Acceso Principal de Fibra Óptica y Respaldo por ADSL

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a Escala Nacional

#### 5.7.2.2.4 ROUTING EN SEDES CON ACCESO DE FIBRA ÓPTICA Y RESPALDO ADSL CON UN ÚNICO EDC

En los escenarios que tenemos un acceso de fibra óptica y un back up ADSL con un único EDC, la solución es similar a la presentada para dos EDCs.

- El EDC usa el protocolo BGP tanto para la conexión con el MacroLAN y la conexión VPN IP. Mediante el protocolo BGP se anunciarán las redes directamente conectadas así como cualquier otra que se quiera hacer visible.
- Las redes que anuncian los EDCs hacia los PEs principal y secundario, se distribuyen con LP 200 y 100 respectivamente, dando prioridad al PE principal. En el camino inverso, el PE principal anuncia hacia los EDC las redes con MED= 100 y el PE Back up con MED =200.
- Las redes que recibe el PE de VPN IP desde el EDC, las distribuye al MBGP con LP=50. El camino inverso se marca con MED=300.
- Se habilitará una sesión eBGP para el EDC, a través de la interfaz habilitada para el servicio MacroLAN que se marcará con MED 100 para redes que se anuncian a la red.
- A través del interfaz back up permanente VPN IP, también se creará una sesión eBGP. Las redes anunciadas a la red se marcarán con MED 100. Las recibidas, se marca con Local Preference 90.

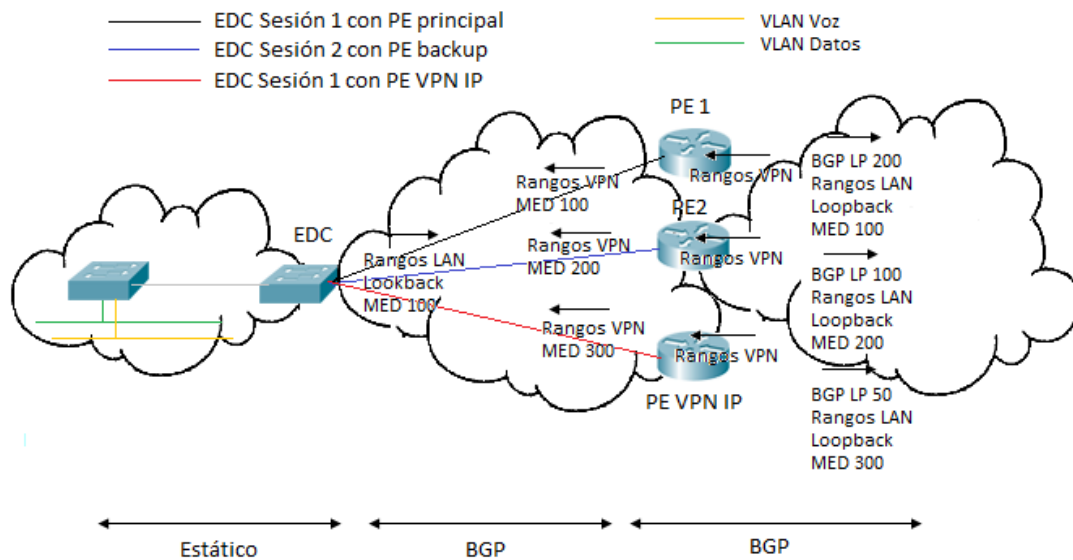


Ilustración 20: Routing en Sedes con Acceso de Fibra Óptica y Respaldo ADSL con un Único EDC

#### 5.7.2.2.5 ROUTING EN SEDES CON ACCESO ADSL

El esquema de routing diseñado para las sedes que cuentan con un único acceso y mediante ADSL sería el siguiente:

- El rango de la LAN, lo propaga el EDC mediante eBGP hacia la red y hacia el Loopback de Gestión.
- El PE informa a los equipos de la VPN de los rangos de la LAN.
- El PE informa al EDC las rutas de la VPN a eBGP.

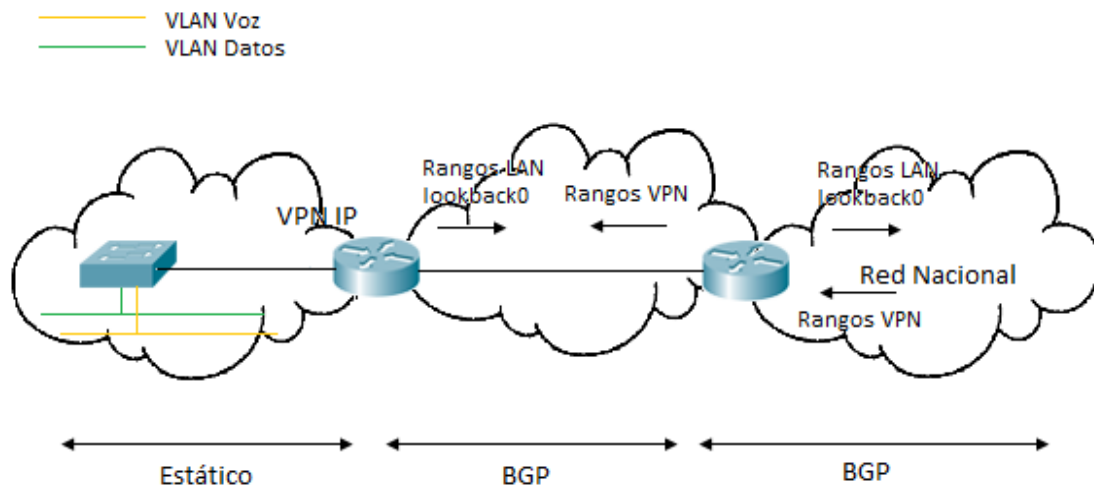


Ilustración 21: Routing en Sedes Con Acceso ADSL

### 5.7.2.3 DISEÑO DEL ROUTING EN LA RED CORPORATIVA DEL CLIENTE

La red corporativa del cliente utilizará el protocolo BGP ya que se ha diseñado mediante el servicio MacroLAN dado sobre la red MPLS. Esta red va a necesitar lidiar con una gran cantidad de EDC y rutas. En la siguiente ilustración 22 recoge el esquema de la conexión de sedes corporativas a la red MPLS a través de los accesos MacroLAN.

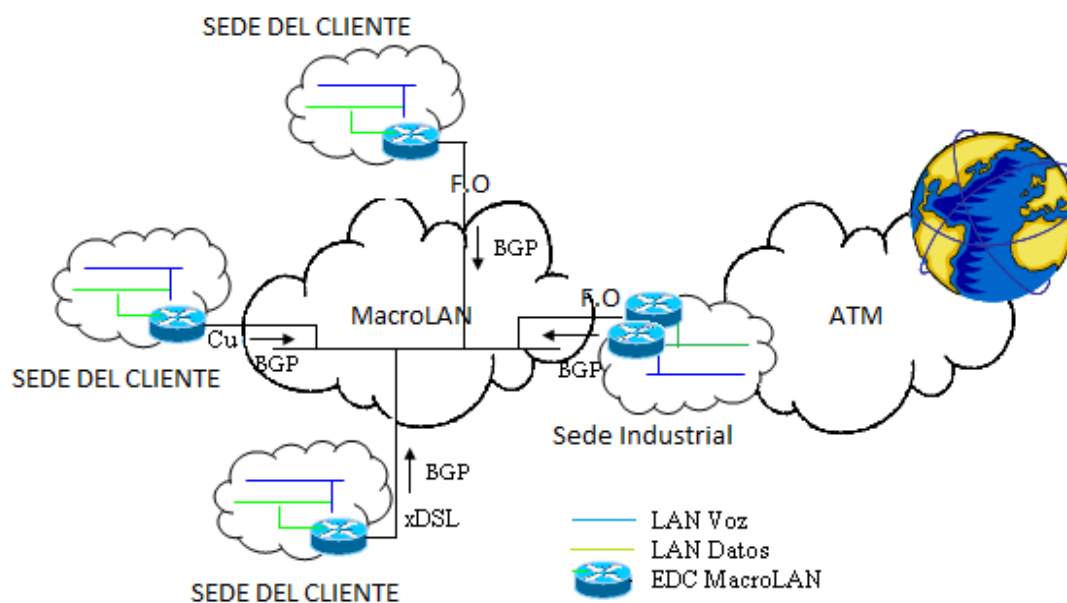


Ilustración 22: Routing en la Red Corporativa

En el esquema de routing diseñado para la red corporativa las sedes anuncian por BGP a la red MPLS su dos LANs, voz y datos. De esta manera, cualquier sede conectada a la red MPLS puede alcanzar los equipos de la red local de las sedes.

La sede industrial, además de su red local, anuncia una ruta adicional para la salida a Internet y para el tráfico desconocido. Actúa así de sumidero de tráfico y de pasarela hacia la red ATM.

En cuanto a los equipos de telefonía, se alcanzan a través de la red mallada MPLS a través de los accesos MacroLAN.

#### ***5.7.2.4 DISEÑO DEL ROUTING DE LA RED DE LOS ORGANISMOS AUTÓNOMOS***

La red de organismos autónomos tiene una casuística particular, ya que la red de voz usa la misma red que la voz corporativa del cliente, mientras que los datos son independientes y cuenta con una red virtual propia.

Los organismos autónomos utilizarán en cada uno de los accesos la tecnología Multi-VRF mapeando las siguientes VPNs:

- Red Corporativa, para el tráfico de voz de los organismos autónomos.
- Red Datos, para el tráfico de datos de los organismos autónomos.
- Gestión de Red Corporativa, para gestión de equipos y accesos con Multi-VRF. Esta es transparente para el cliente y se configura para la gestión de los recursos de la red.

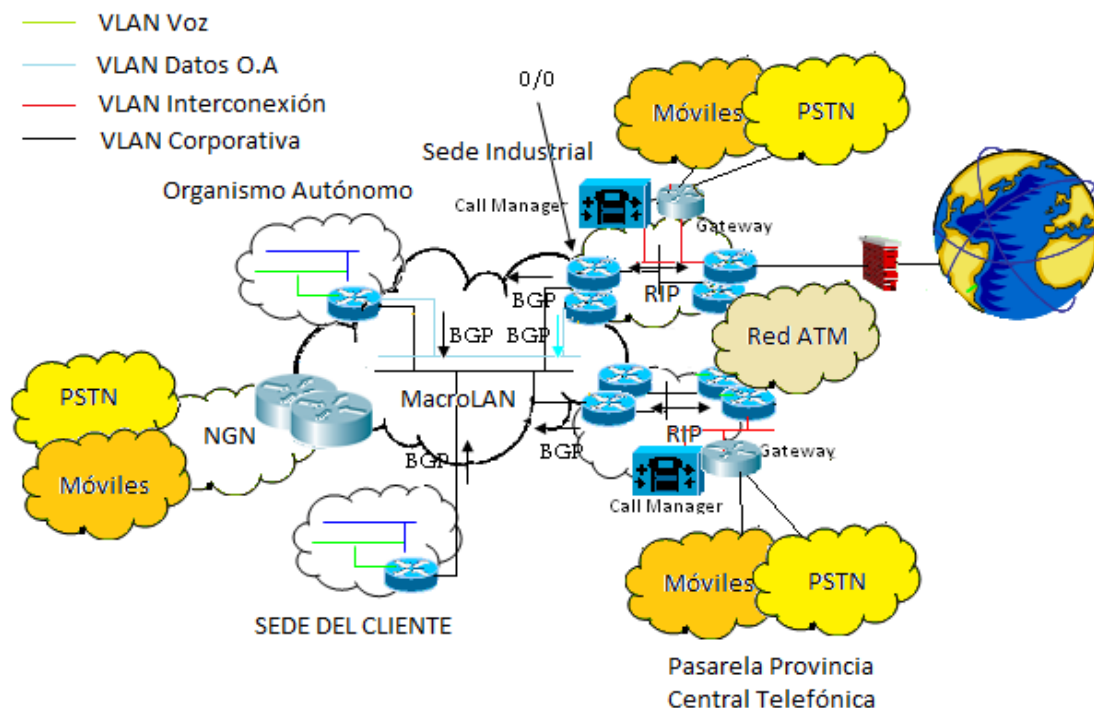


Ilustración 23: Routing en los Organismos Autónomos

La VLAN dedicada a voz llega por tanto a los organismos autónomos y las sedes corporativas del cliente. La VLAN de datos de los organismos autónomos se configura solo en estas sedes, siendo independiente de otras VLANs de datos corporativos.

La red de voz, se conecta por tanto a la red corporativa del cliente. Para hacerlo, se utiliza la funcionalidad Virtual Routing and Forwarding (VRF) del acceso MacroLAN con el que se conecta a la red MPLS. Las sedes de los Organismos Autónomos solo anuncian la presencia de la red de voz a la que está conectada directamente, aplicando filtros, evitando así que un equipo de datos entre en la red corporativa. Sin embargo, Estas sedes reciben todos los anuncios de la red corporativa al igual que cualquier otra sede corporativa.

La red de datos, se conecta a la red virtual diseñada para los organismos autónomos. Esto se hace mediante la funcionalidad VRF del acceso MacroLAN con el que se conecta a la red MPLS. Esta se mapea solo en las sedes de los organismos autónomos y en la sede industrial. Los



anuncios de su LAN se hacen por esta VPN, mientras que el nodo de la sede industrial anuncia además la ruta por defecto.

Si fuera necesario, con el diseño realizado se pueden incluir filtros en los EDCs que eviten el intercambio de datos entre determinados organismos autónomos o con el nodo de la sede industrial haciendo uso de un prefix-list de la ruta por defecto.

#### ***5.7.2.5 DISEÑO DEL ROUTING DE LA RED DE ACCESOS REMOTOS***

Para la red de accesos remotos, se va a instalar BGP al igual que en el resto de redes que circulan por la red MPLS. Desde un acceso remoto será posible la conexión con la red corporativa de datos y a internet, siempre a través de la Sede Industrial.

Para la conexión con la red corporativa se usa al igual que en la red de Organismos Autónomos, la funcionalidad VRF del acceso MacroLAN con el que se conecta a la red MPLS. La VPN de los accesos remotos solo se mapea en este tipo de sedes y en la Sede Industrial que es el único punto donde convergen todas las redes virtuales que se han diseñado.

Las redes locales de las sedes, serán anunciadas por su red virtual hacia el MacroLAN, como en otras ocasiones. El Nodo de la sede industrial, como ruta por defecto, anunciará una ruta por defecto siendo el sumidero de tráfico de la red. La ilustración 24 muestra los anuncios descritos.

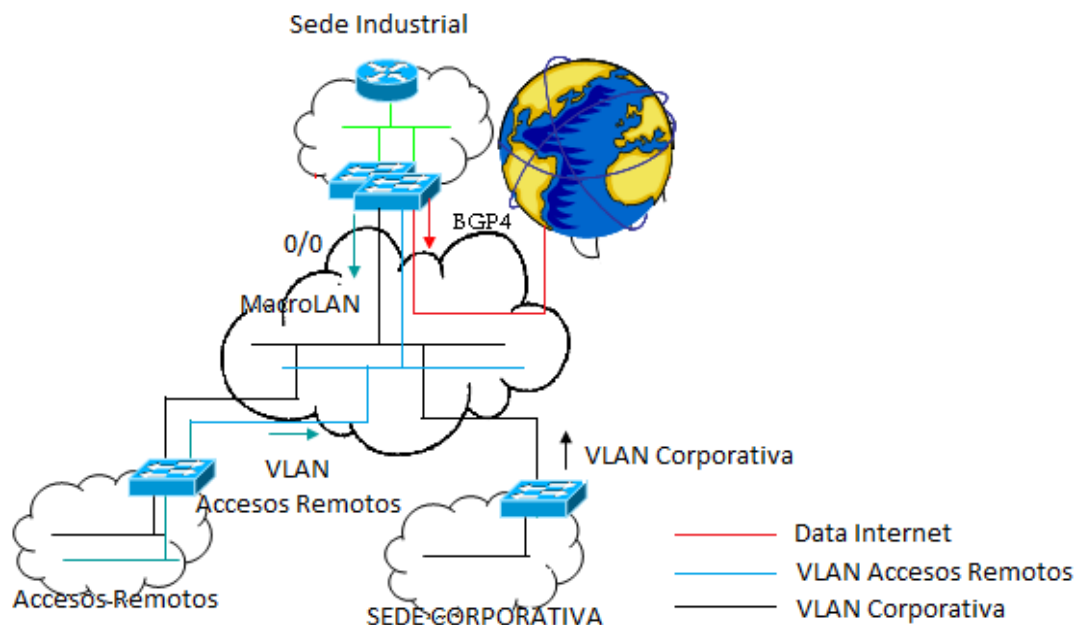


Ilustración 24: Routing en Accesos Remotos

#### 5.7.2.6 DISEÑO DEL ROUTING EN LAS PASARELAS DE INTERCONEXIÓN

Las ya mencionadas pasarelas de Interconexión tienen un papel fundamental en la migración y el diseño del sistema de enrutamiento que es esencial en el proyecto. Una mala elección en la configuración de las pasarelas puede llevar a la formación de bucles, generando problemas de incomunicación entre sedes migradas y no migradas.

En el diseño del routing de las pasarelas, al igual que en el diseño de la arquitectura de las mismas, se han diferenciado dos casos. El primero corresponde a las pasarelas provinciales, que se alojan en las centrales telefónicas y el segundo, por sus características diferenciadoras, corresponde a la pasarela de la Sede Industrial.

En cuanto a la arquitectura general de routing de las pasarelas de interconexión, se ha tomado un caso semejante al que se ha explicado anteriormente en esta sección para las sedes con doble acceso y doble EDC con routing dinámico en la parte LAN. La distribución de direcciones

se hace mediante BGP hacia el MacroLAN, mientras que se utiliza RIP entre los equipos que interconectan la red ATM con la red MPLS.

En cuanto a la configuración de los equipos para evitar problemas de incomunicación por bucles, se ha tenido en cuenta en el diseño que las distancias administrativas priman las rutas aprendidas por el MacroLAN frente a las aprendidas por la LAN. De esta manera, el camino a una sede que sea alcanzable por ambas redes, siempre tendrá un camino más largo en el camino que cruza la pasarela. De esta manera se evitan problemas derivados de bucles entre las dos redes.

La ilustración 25 muestra lo explicado sobre el diseño de la interconexión de ambas redes desde un punto de vista global de la arquitectura del routing. Se aprecia la conexión, a través de las pasarelas, de la red ATM con protocolo OSPF y la red MPLS de servicios MacroLAN y con protocolo BGP.

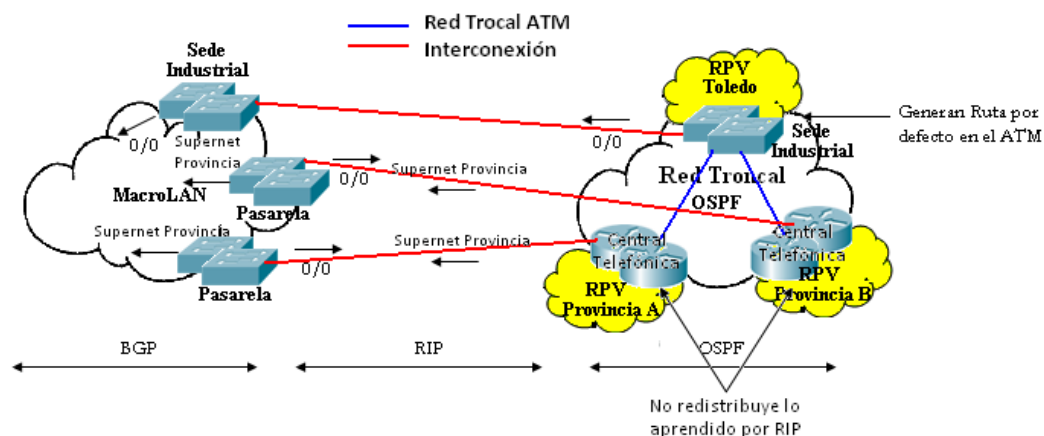


Ilustración 25: Diseño General de la Arquitectura del Routing de Interconexión de Redes

### 5.7.2.6.1 DISEÑO DEL ROUTING EN LAS PASARELAS DE PROVINCIAS

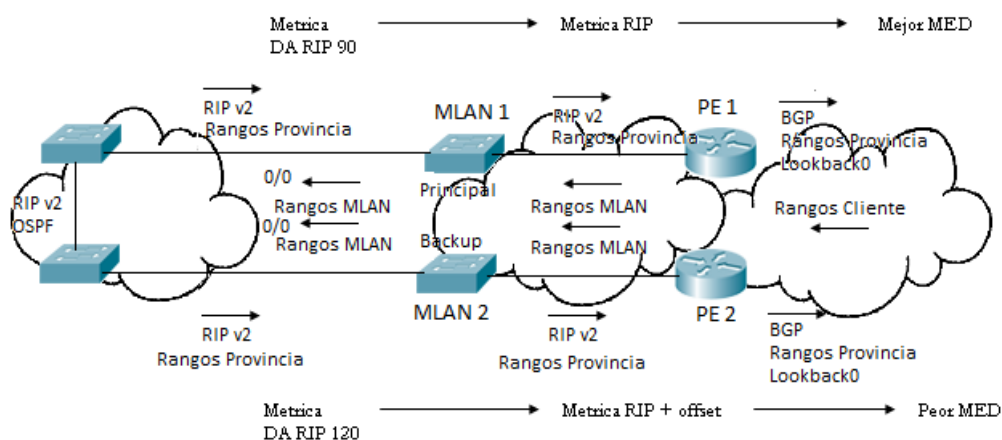


Ilustración 26: Routing en Pasarelas de Provincias

La ilustración 26 presenta el esquema de routing que se ha diseñado para las pasarelas de provincias. Como ya se mencionó anteriormente en este capítulo, estas pasarelas están alojadas en centrales telefónicas presentes en cada provincia. Este emplazamiento es clave ya que el todo tráfico de la red ATM de cada provincia, configurado en estrella, pasa por dichas centrales cuando se dirige hacia otra provincia. Esto, como se ha analizado previamente, les hace ser el punto idóneo para alojar las pasarelas.

El funcionamiento del routing diseñado para los equipos de las pasarelas de interconexión se presenta a continuación.

- Los switches reciben todos los rangos de direcciones del MLAN, en el que además de la ruta por defecto, que servirá de back up a la red. Igual que en el caso anterior, no se distribuye la información hacia la red antigua.
- Los routers pertenecientes a la red antigua generan Supernet y las envían por RIP a los equipos MLAN.
- Se abre una sesión RIP entre los Switches de cabecera para el intercambio de información de rutas para el caso de caída de un equipo MLAN. De esta manera, seguirá siendo posible el intercambio de rutas.
- Los equipos MLAN anuncian por la WAN las rutas que aprenden de la red antigua, pero introducen un offset para penalizar dichos recorridos.

- El marcado de tráfico se hace en los equipos MLAN para conseguir la QoS requerida.

#### 5.7.2.6.2 DISEÑO DEL ROUTING EN LA PASARELA DE LA SEDE INDUSTRIAL

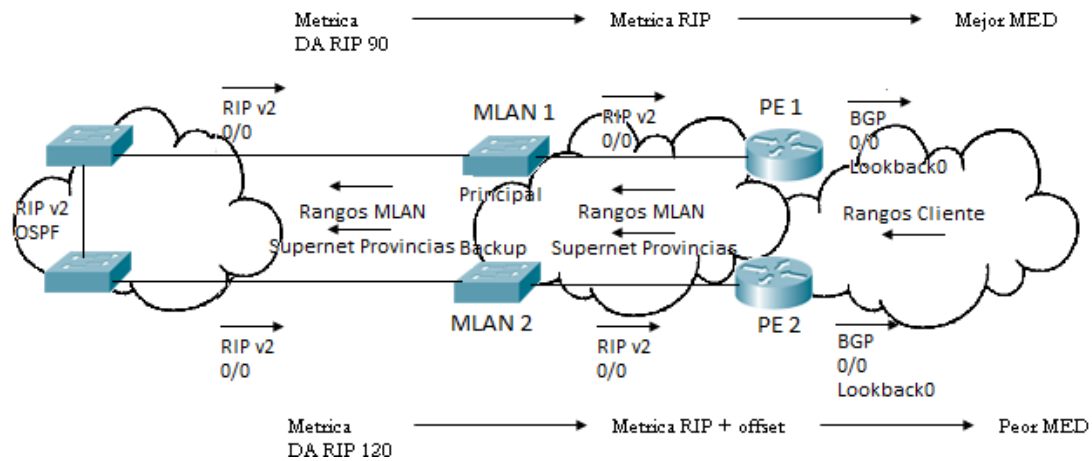


Ilustración 27: Routing en la Pasarela de la Sede Industrial

La pasarela de la Sede Industrial funciona de manera similar a las pasarelas de provincias, su labor, como ya se ha mencionado en este capítulo cuando se vio la arquitectura de las pasarelas, es la de interconectar las sedes de la red ATM con las sedes que han sido migradas a la red MPLS.

El funcionamiento del routing diseñado para los equipos de la pasarela de interconexión de la Sede Industrial se presenta a continuación.

- Los Switches de cabecera generan la ruta por defecto y envían por RIP a los equipos MLAN.
- Los Switches reciben todas las rutas del MacroLAN, pero no distribuyen la información hacia la red antigua.
- Los equipos MLAN anuncian por la WAN las rutas aprendidas de los switches, añadiendo un offset si se trata del equipo de back up.

- El marcado de tráfico se realiza en los equipos MLAN, para conseguir la QoS requerida.

## **5.8 FLUJOS DE TRÁFICO EN LA RED DISEÑADA**

La siguiente sección trata de ejemplificar el funcionamiento del diseño de la arquitectura y de los esquemas de routing que se han presentado hasta ahora en este documento.

El flujo de tráfico en la nueva red del cliente, y en la situación intermedia, en la que conviven la red ATM y la red MPLS queda definido por la arquitectura y por los esquemas de routing que se han propuesto. Estos esquemas afectan tanto al tráfico de ida como el de vuelta para todas las sedes, así como a situaciones de contingencia ante la posible caída de algún enlace.

En esta sección vamos a diferenciar entre el tráfico de voz y datos y vamos a analizar sus flujos en diferentes situaciones que van desde el funcionamiento normal de la red, a situaciones de contingencia. Las comunicaciones de voz se han incluido aquí, pese a que su diseño se analiza en detalle en el próximo capítulo, ya que al tratarse de telefonía IP, su comportamiento es similar al de los datos.

### **5.8.1 FLUJOS DE TRÁFICO EN LA RED CORPORATIVA**

Esta sección ejemplifica los flujos de tráfico que se cursan sobre la red corporativa diseñada. Se han escogido varios escenarios para mostrar el funcionamiento de la red que van desde el caso normal, en el que todos los equipos y rutas están disponibles, hasta escenarios en contingencia. Se ha escogido además, un escenario de voz ya que al tratarse de telefonía IP, su comportamiento es similar al de los datos y es interesante analizar su comportamiento aquí. El diseño de la red de voz se explica en detalle en el capítulo 6.

### 5.8.1.1 FLUJOS DE TRÁFICO DE VOZ EN LA RED CORPORATIVA

La parte de voz será desarrollada en detalle en el siguiente capítulo, pero se ha decidido mostrar aquí un breve esquema de los flujos de voz. La razón es que al tratarse de telefonía IP, hay que tenerlo en cuenta para el proceso de publicación de rutas IP de manera similar a si se tratara de una red virtual de datos.

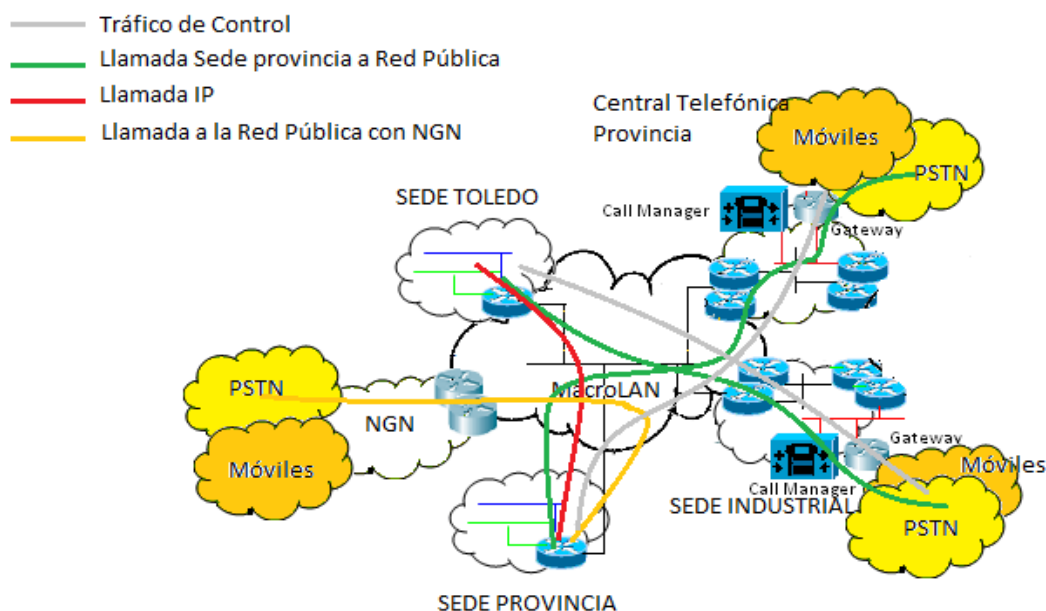


Ilustración 28: Flujos de Tráfico de Voz

En las llamadas IP de las sedes conectadas a la red MPLS a través de conexiones MacroLAN, no existe ninguna jerarquía de red y todas las sedes conocen las rutas hacia el resto de sedes. La gestión de las llamadas queda a cargo del Cluster de Call Managers (CCM) que están dispuestos en las centrales telefónicas y en la Sede Industrial. Cuando un teléfono IP se conecta a la red, se loga en el CCM de manera que otros usuarios conozcan su localización.

Si un usuario conectado a la red MPLS quiere realizar una llamada a otro usuario que también pertenece a la red MPLS, el Call manager indicará la dirección de destino de la llamada y esta se cursará directamente a través de la red diseñada.

En el caso de llamadas desde la red MPLS hacia teléfonos analógicos ya sean de la compañía o externos, el tráfico de voz necesita encaminarse hacia los Gateways (GW) que interconectan la red pública con la red diseñada o bien hacia la NGN si el servicio NGN se ha dado de alta para la sede llamante.

Al igual que ocurre en el caso de los datos, durante un tiempo existe la necesidad de convivencia entre la red nueva y la antigua. Durante el tiempo que dure la situación intermedia, la comunicación entre sedes migradas con telefonía IP y sedes no migradas pero con telefonía IP se hará a través de las pasarelas de interconexión. El aprendizaje dinámico presentado en la sección dedicada al diseño del routing, permitirá a sedes de un entorno y del otro conocer sus direccionamientos IP al igual que si de redes de datos se tratara.

La ilustración 29 representará el flujo de tráfico de voz para una sede no migrada durante el proceso de migración. A continuación, se analizan brevemente los tipos de tráfico del escenario.

- **Llamada IP**

La pasarela que da servicio a la sede no migrada será la encargada de la gestión del tráfico cuando se realice una llamada IP entre una sede migrada y otra no migrada. Será dicha pasarela la que anuncie los prefijos hacia el MacroLAN. La parte no migrada encuentra las rutas hacia el MacroLAN gracias a los routers fronteras situados en las centrales telefónicas.

- **Tráfico de Control**

Encargado de la gestión, su flujo será similar al de una llamada IP.

- **Tráfico hacia la Red Pública**

Se hará siempre a través de la pasarela dispuesta para este servicio. En la pasarela se encuentra el Gateway de salida hacia la red telefónica básica. El tráfico se encamina directamente, ya que se conoce el específico de salida.

- **Tráfico hacia red de siguiente generación (NGN)**

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional



Las sedes han debido ser previamente dadas de alta en el servicio NGN para poder realizar este escenario. En el caso de que una sede no migrada y dada de alta en la NGN quiera cursar una llamada hacia la red pública, alcanzará los gateways que dan acceso a la NGN a través de las pasarelas de interconexión.

Para el tráfico proveniente de la NGN hacia la sede no migrada, la NGN conoce la subnet anunciada por la pasarela de la provincia que corresponda. De esta manera la llamada se puede completar en ambos sentidos.

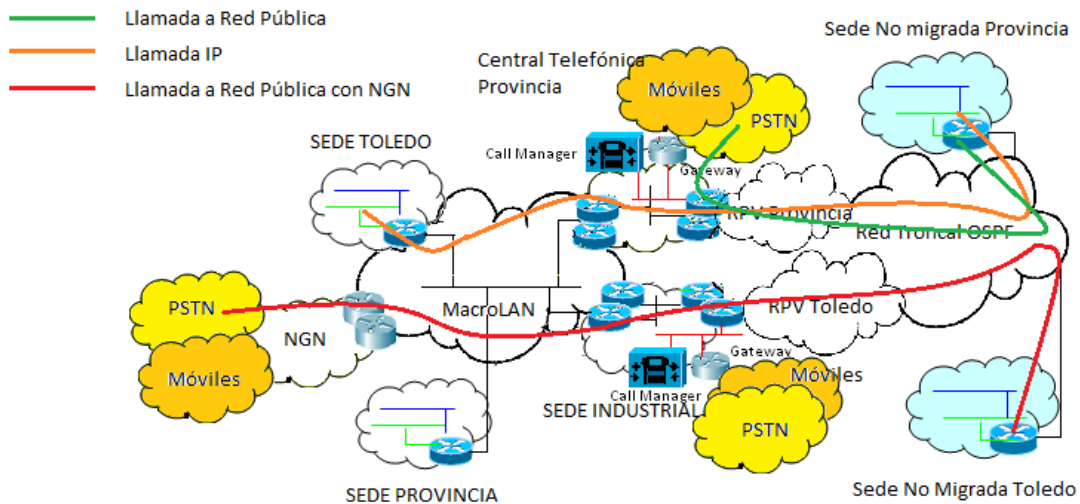


Ilustración 29: Flujos de Tráfico de Voz entre Sedes de redes ATM y MPLS

### 5.8.1.2 FLUJOS DE TRÁFICO DE DATOS EN LA RED CORPORATIVA

La arquitectura de red y el routing de la misma que se ha diseñado, permite que las sedes conectadas a la red MPLS a través de accesos del servicio MacroLAN, se puedan alcanzar unas a otras. Además, la configuración diseñada, permite a las sedes acceder a internet desde el acceso que se ha planificado en la Sede Industrial para tal efecto.

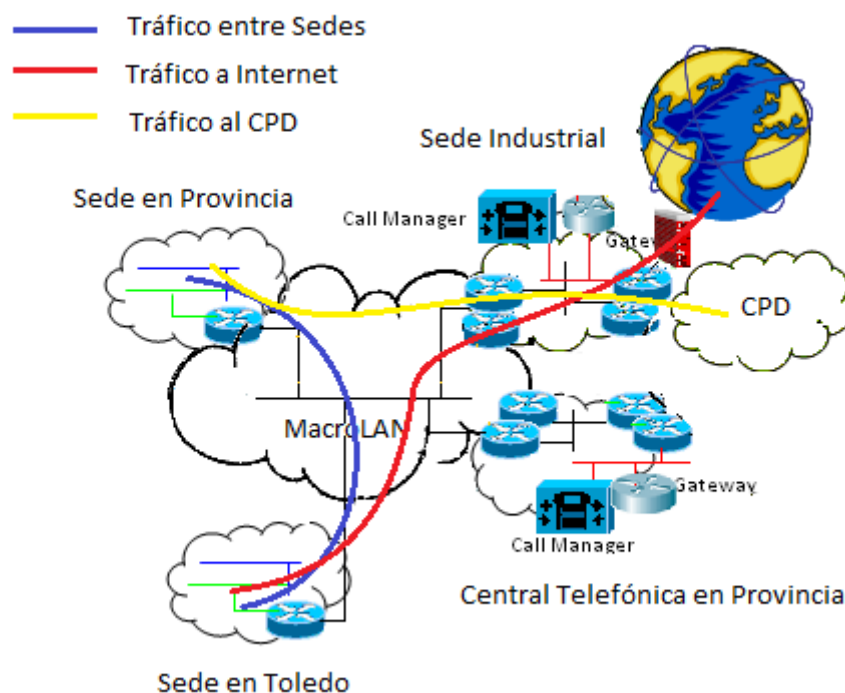


Ilustración 30: Flujos de Datos en la Red MPLS Diseñada

Como ya se ha mencionado, una migración de las dimensiones como la red a la que se refiere este proyecto no puede ser instantánea. Es necesario crear mecanismos que permitan la convivencia de sedes migradas con sedes no migradas de manera que la migración pueda ser paulatina y ordenada. Esto es fundamental para que la migración no cause problemas de segmentación o incomunicación.

Las pasarelas de interconexión y los anuncios de las rutas aprendidas por ambos lados permitirán que la comunicación entre sedes migradas y sedes no migradas sea posible. La ilustración 31 recoge el esquema de los siguientes escenarios:

- **Tráfico de datos entre sedes no migradas y migradas**

El tráfico se encamina mediante la pasarela correspondiente a la provincia de la sede no migrada. Esta pasarela anuncia la ruta a la sede destino.

- **Tráfico de datos encaminado hacia Internet.**

Se encamina hacia la Sede Industrial, que es donde se encuentra la pasarela hacia Internet. Esto es independiente de que sea una sede migrada o no. Si se trata de una sede migrada, esta alcanzará la Sede Industrial directamente por la red MacroLAN. Si se trata de una sede no migrada, el tráfico se encamina primero hacia la central telefónica correspondiente a la provincia, encargada de dirigir el tráfico hacia la Sede Industrial.

- **Tráfico de datos entre sedes no migradas.**

Se realizará del mismo modo que se hacía antes de comenzar la migración. Es decir, según se vio en el capítulo 4 dedicado al análisis de la red inicial.

- **Tráfico de datos hacia una Sede Central migrada.**

Estas sedes están situadas físicamente en Toledo. Se alcanzarán del mismo modo que cualquier otro tipo de sedes que hayan sido migradas. Si la sede que emite el tráfico se encuentra en Toledo, el tráfico se dirigirá hacia la Sede Industrial directamente. En la Sede Industrial se encuentra la pasarela hacia la red MPLS.

Si se trata de una sede no migrada de una provincia distinta a Toledo la que genera el tráfico, este será encaminado primeramente a la central telefónica de esta provincia que contiene el sumidero de tráfico desconocido. Esta reencamina el tráfico hacia la Sede Industrial en Toledo que es la que se encarga de hacer de pasarela hacia la red MPLS.

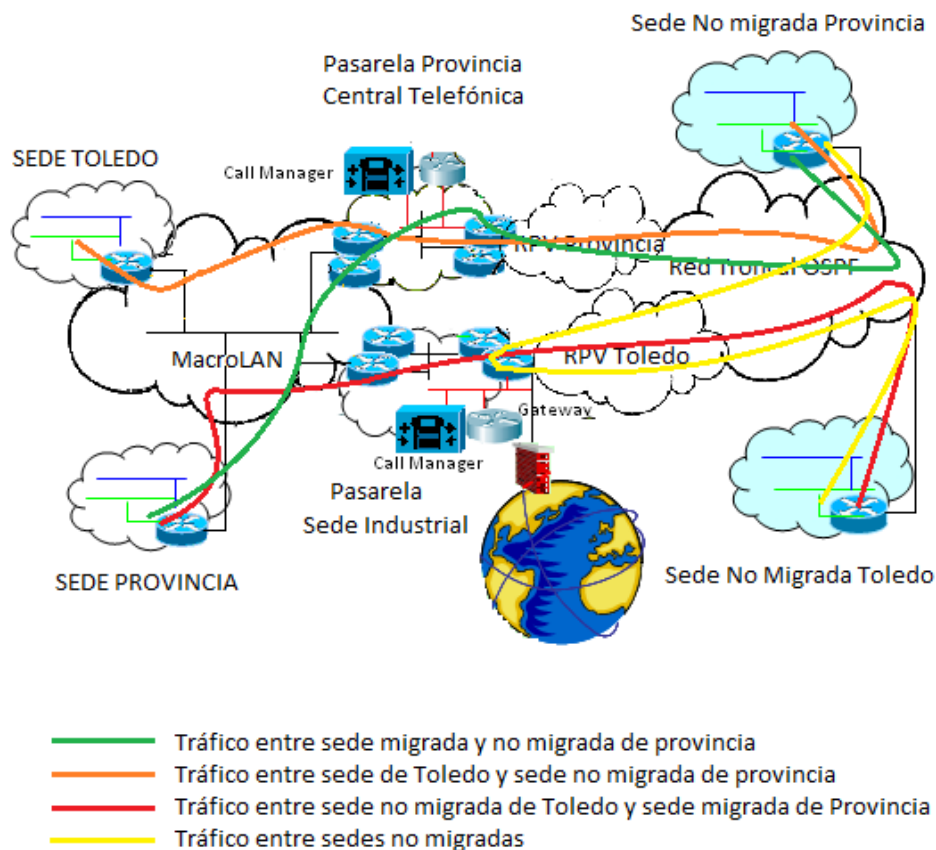


Ilustración 31: Flujos de Datos en la Red MPLS y la Red ATM

### 5.8.2 FLUJOS DE TRÁFICO PARA ORGANISMOS AUTÓNOMOS

El caso de los Organismos Autónomos, es un tanto particular. Esto es debido a que como se comento previamente en este documento, la voz se presta mediante la red corporativa del cliente, pero los datos son independientes y presentan una VPN propia. La ilustración 32 recoge los siguientes escenarios:

- **Tráfico de Datos entre los OA**

El tráfico se encamina mediante los equipos de seguridad. Los OA no pueden intercambiar tráfico directamente, sino que hay una ruta por defecto en la sede industrial.

- **Tráfico de Voz**

El flujo de tráfico de voz es igual que en cualquier sede corporativa ya que comparte VPN para la voz.

- **Tráfico hacia Internet**

El tráfico generado por estos organismos hacia internet se encamina hacia la sede industrial que es donde se encuentra el acceso para dicho propósito.

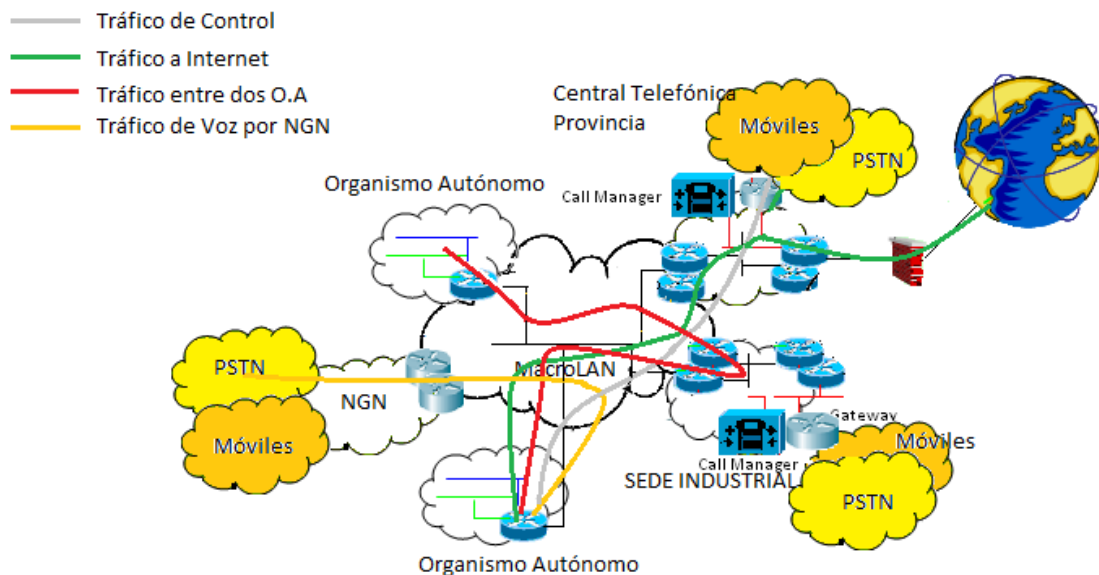


Ilustración 32: Flujos de Datos para Organismos Autónomos

### 5.8.3 FLUJOS DE TRÁFICO PARA ACCESOS REMOTOS

Los Accesos remotos, como ya se ha explicado, presentan conexiones a dos VPNs. La primera se usa para que los empleados del cliente se conecten a la red corporativa. La segunda se usa para el acceso desde estas sedes a Internet.

Para la división en dos VPN, ya que se comparte equipamiento, se usa la tecnología Multi-VRF. En el esquema de flujo de tráfico de la ilustración 33, se representan las dos redes que entran en juego para el tráfico del cliente. En realidad, existe también una VPN de gestión, que no se representa en el esquema. Se recogen los siguientes escenarios:

- **Tráfico entre Empleados**

Por la red corporativa, igual que en otras sedes.

- **Tráfico hacia Internet**

Se recomienda la instalación de un equipo proxy, firewall y conformador de tráfico para una gestión eficiente y mejorar la seguridad. El tráfico se encamina hacia internet mediante a través de la sede industrial.

- **Tráfico hacia el CPD**

Se crea una red con la sede industrial, se da la posibilidad de conectar con el CPD donde alojar aplicaciones, anunciando una ruta hacia las demás sedes.

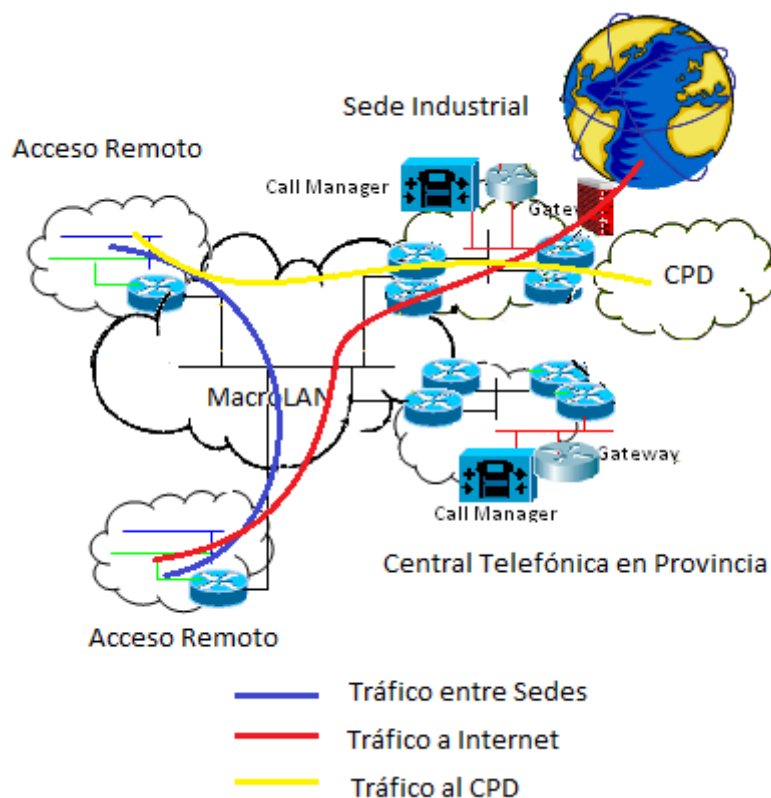


Ilustración 33: Flujos de Datos para Accesos Remotos

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a Escala Nacional

#### 5.8.4 FLUJOS DE TRÁFICO EN UNA SITUACIÓN DE CONTINGENCIA

La nueva red MPLS, mientras dure el proceso de migración, sirve además, para dotar a la red antigua basada en ATM de respaldo en caso de que se produzca algún problema en dicha red.

En provincias, el respaldo se gestiona en los routers de las centrales telefónicas. Estos equipos recibirán las rutas del resto de la red por los siguientes caminos.

- Por OSPF, si son caminos pertenecientes a la red antigua.
- Por RIP, si se trata de caminos procedentes del MacroLAN

Ante una situación normal, el tráfico interprovincial de las sedes no migradas, llega a la central telefónica correspondiente a dicha provincia. Esta central telefónica decidirá cursar el tráfico hacia el destino a través de la red OSPF ya que tendrá menor distancia administrativa que la red MPLS. Es decir, en la situación normal, el tráfico de la red no migrada se queda en la red no migrada.

Ante la situación excepcional de caída de conexión con el área OSPF, la central telefónica de la provincia no encontraría ruta hacia el destino. Por esta razón, encaminará el tráfico hacia la ruta por defecto. Es decir, encaminarán las conexiones hacia la red nueva mediante las rutas RIP del MacroLAN, ya que por este protocolo se le anuncian todas las LAN migradas, además de las Supernets de las provincias y una ruta para el tráfico desconocido.

El tráfico de vuelta, es decir, el que tiene como objetivo alcanzar una sede no migrada de una provincia en contingencia, se alcanzará mediante el MacroLAN. Esto es posible, gracias a que las sedes migradas conocerán la ruta hacia la sede en contingencia por los anuncios de las Supernets de la provincia en contingencia por la pasarela de la provincia.

En caso de tratarse de una sede no migrada, el tráfico se encaminará por la pasarela, debido a que el router de la central telefónica de la provincia no conoce la ruta OSPF de la provincia en contingencia y se encaminará a la ruta por defecto.

Para el tráfico hacia Internet en una provincia en contingencia, el router de la central telefónica de la provincia conoce la ruta por defecto mediante el protocolo RIP y lo envía a través de este ya que por OSPF no recibe la ruta hacia internet. Son los equipos de la Sede Industrial los que anuncian esta ruta por el MacroLAN.

La ilustración 34 recoge los escenarios presentados para la situación de contingencia descrita.

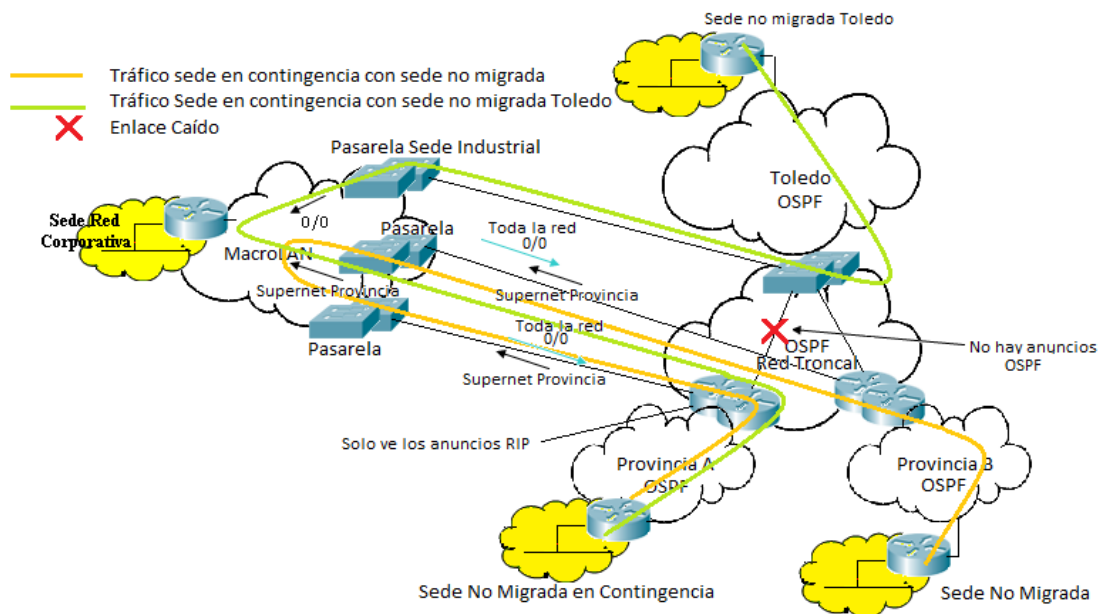


Ilustración 34: Flujos de Tráfico en una Situación de Contingencia



# CAPÍTULO 6

---

## DISEÑO DE LA RED DE VOZ

### 6.1 OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

El siguiente capítulo contiene la solución propuesta al cliente para sus comunicaciones de voz.

Comenzamos el capítulo con una visión general de la solución. En este primer apartado se van a definir las necesidades del diseño de la red inicial y como el nuevo diseño solventará esas necesidades. Además, se presentan los servicios con los que se va a trabajar durante el proyecto y como se adaptan dichos servicios al diseño de la red de telefonía.

Después, se define de manera genérica los tipos de sedes que se han diseñado para el sistema de telefonía sin entrar en la arquitectura y con el fin de dar una visión general de la red.

Posteriormente se analiza el diseño del sistema de telefonía en detalle. En esta sección se analiza el diseño del gestor de llamadas y otros elementos de la nueva red. Se evalúa también en esta sección, elementos relacionados con la infraestructura física de la red de telefonía.

Por último, se definen estructuras de enrutamiento y se muestra algunos ejemplos sobre flujos de llamadas de voz entre sedes de distintos tipos.

## 6.2 VISIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN PARA LA RED DE VOZ

Como se ha presentado en los capítulos 3 y 4 correspondientes a la situación inicial de la red, en datos y voz respectivamente, se muestra una red heterogénea por la que circula el tráfico de voz y de datos corporativos.

En cuanto a la arquitectura de las comunicaciones de voz, se mostraban tres opciones diferentes. Concretamente, sedes con telefonía TDM, sedes con telefonía sobre IP y sedes que acceden directamente a la red telefónica básica.

La mayor parte de las sedes del cliente presentan telefonía basada en centralitas TDM. Para la comunicación provincial de tipo de configuración, las llamadas las cursa una centralita provincial, interconectando las sedes directamente. Sin embargo, si se trata de una llamada interprovincial, la centralita encamina la llamada hacia la red telefónica básica, que se encarga de llevar la llamada hasta la provincia destino. La necesidad de pasar por la red pública hace que la llamada se facture como una llamada externa.

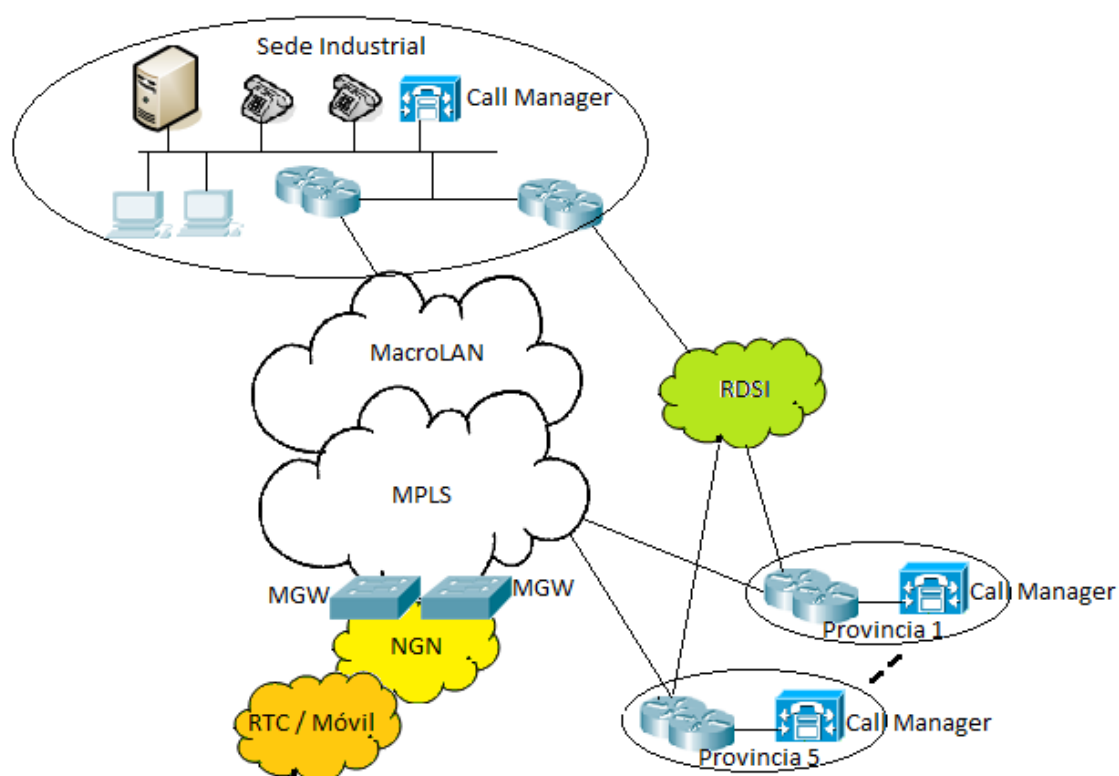
La telefonía sobre IP está desplegada solo en algunas sedes grandes. El número de usuarios que gestiona este sistema no es despreciable, sin embargo el número de sedes con esta posibilidad es pequeño, ya que, a pesar de que el número de sedes de este tipo es pequeño, cada una de estas, cuenta con un gran número de usuarios.

La interconexión entre sedes de diferentes provincias que usan telefonía IP se hace a través de la red de datos y los Call Managers están dispuestos en las centrales telefónicas de las provincias a modo de cluster. El nuevo diseño de red, aprovechará parte de esta configuración.

En cuanto a configuraciones de acceso directo a la red telefónica básica, aparecen en sedes pequeñas, con un número limitado de usuarios. Estas sedes no cuentan con centralita ni ningún otro sistema de comunicaciones privado. Las llamadas de estas sedes se cursan directamente por la red telefónica pública. El coste de cada línea a la red pública es el principal problema de esta arquitectura, en la que no hay posibilidad de ningún tipo de multiplexación.

A continuación, se va a presentar la propuesta de telefonía sobre IP (ToIP) basada en servicios comerciales de Telefónica. La red propuesta optimiza el número de accesos a la red telefónica básica, gestionando la mayor parte de las comunicaciones a través de la red de datos descrita en el apartado anterior.

El resultado final para el diseño realizado es una red de telefonía IP capaz de gestionar llamadas tanto internas como externas. Las comunicaciones se cursan por la red de datos mientras sea posible, es decir, siempre que sean llamadas internas se van a cursar de este modo. Para las llamadas externas, la salida a la red pública es inevitable. Para ello se dispondrá de un acceso a la red de siguiente generación (NGN) que será la encargada de encaminar las llamadas.



**Ilustración 35: Arquitectura del Diseño de la Red de Telefonía**

La arquitectura de la solución de telefonía IP se basa en el desarrollo de un gestor único de llamadas, que es el encargado de aportar la inteligencia de red. Esta inteligencia recae en un Cluster de Call Managers que permite la comunicación de los terminales IP, adaptadores

analógicos y Gateways. Estos elementos de red están distribuidos por las diferentes sedes y dependencias del cliente.

Para que todos los elementos presentes en el sistema consigan ejercer su cometido, deben ser registrados en el Call Manager previamente y señalizar contra él. Estas señalizaciones se hacen a través de la red IP.

Las llamadas por su parte, se cursarán por la red IP a través de la red de datos del cliente, o por la red de siguiente generación de Telefónica (NGN) para el caso de las llamadas externas.

Los elementos principales del sistema diseñado, además de la red de datos, son los siguientes:

- **Gestor de llamadas (Call Manager)**

Es el elemento encargado de la gestión centralizada de la conmutación de llamadas. Tiene la inteligencia para la gestión de los recursos de la red y resuelve los trabajos de señalización entre elementos. Posee un directorio de usuarios y un primer nivel de gestión para conocer el estado de los equipos.

- **Gateway central (Trunking-gateway)**

Proporciona la interconexión entre el entorno de la telefonía IP y el entorno de la telefonía tradicional.

Esto se hace tanto en centralitas tradicionales alojadas en el domicilio del cliente (PBX) como con la red de telefonía pública conmutada. En la arquitectura general, suele ser un elemento centralizado y cuenta con un router-GW que incluye SW específico y tarjetas para telefonía. Se pueden adquirir servicios de Transcodificación y Multiconferencia.

- **Gateway de oficina**

Es el elemento que proporciona la funcionalidad de GW de telefonía para la interconexión entre la red IP y la red telefónica pública conmutada.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Además, hace de router para encaminar la voz y los datos hacia la red central. En situaciones de contingencia, permite la comunicación entre Teléfonos IP y llamadas externas, haciendo en estos casos funciones de centralita ya que es capaz de almacenar tablas con la localización de teléfonos.

#### - **Teléfonos IP**

El proyecto abarca varias posibilidades sobre teléfonos IP e incluso la posibilidad de conectar teléfonos convencionales mediante el uso de adaptadores VG<sup>29</sup>.

### **6.3 TIPOS DE SEDE EN SERVICIO DE TELEFONÍA IP**

Las sedes que forman parte de la arquitectura diseñada, se dividen en tres grupos. Las sedes centrales, donde se ubican los Call Managers, sedes remotas con acceso directo a la RTC y sedes sin directo a la RTC.

Todas estas sedes forman parte de la red de datos diseñada en el capítulo 6. La conexión de estas con la red de datos, se hace según algunos de los modelos de sedes diseñados en capítulo 6.

#### **6.3.1 SEDES CENTRALES**

En las sedes centrales están ubicados los servidores de llamadas o “Call Managers”, los servidores de mensajería vocal, así como servidores de otros servicios que puedan ser contratados opcionalmente.

Además, las sedes centrales disponen de un Gateway para la salida directa a la RTC. Para la salida desde el Gateway hacia la red pública, se usan interfaces PRI<sup>30</sup> de RDSI. Estos serán usados en casos de contingencia.

---

<sup>29</sup> Los Adaptadores VG son elementos de la red que permiten conectar un teléfono analógico tradicional a una red de telefonía IP.

<sup>30</sup> Interfaces Primarios RDSI. 30 canales más 2 dedicados a señalización.

En este tipo de sedes, por lo general, se dispondrá de terminales telefónicos, aunque podría no tenerlos si se utiliza la ubicación únicamente para alojar los servidores, como ocurre en la Centrales Telefónicas. De cualquier manera, todos los terminales del sistema se darán de alta en NGN, para la salida hacia la red pública conmutada.

Todo el equipamiento de las sedes centrales será gestionado y monitorizado remotamente, aunque por la criticidad de estos puntos, se recomienda la asistencia técnica en la propia sede.

### **6.3.2 SEDES REMOTAS CON ACCESO DIRECTO A LA RTC**

Este tipo de sedes presentan un Gateway para tener una salida directa hacia la RTB, fija y móvil. Este acceso se hace mediante interfaces BRI<sup>31</sup>/PRI de RDSI. Los Gateways pueden estar integrados en el EDC<sup>32</sup> o ser un equipo separado.

En caso de aislamiento con la red de datos, los Gateways son capaces de cursar llamadas entre extensiones IP internas y entre extensiones internas y la RTC. Esto se hace mediante un software SRST<sup>33</sup> (Survivable Remote Site Telephony) que se activará en caso de caída de la RPV o del Call Manager.

### **6.3.3 SEDES REMOTAS SIN ACCESO DIRECTO A LA RTC**

Este tipo de sedes están diseñadas para ubicaciones en las que sus comunicaciones son menos críticas. No cuentan con Gateway para la salida a la RTB, con el consiguiente ahorro en cuanto a número de líneas. Por su configuración, solo pueden alojar un número limitado de terminales.

---

<sup>31</sup> Interfaces Básicos RDSI. 2 canales más 1 de señalización.

<sup>32</sup> EDC. Equipo de Domicilio de Cliente.

<sup>33</sup> SRST. Software de supervivencia. Ver Capítulo 2 “Estado de la Cuestión”

## 6.4 DETALLE DEL DISEÑO PROPUESTO

En esta sección se va a mostrar en profundidad el diseño realizado para la red de voz del cliente.

Comenzaremos con el gestor de llamadas, que es el elemento central de la red. Posteriormente se estudia el diseño de elementos asociados al gestor de llamadas como son el sistema de mensajería y el tarificador. A continuación, se muestra el diseño de los diferentes gateways de la red y la arquitectura de la red de voz en distintos tipos de sedes. Por último, se hace referencia a varios elementos de la infraestructura de la red local que deben ser considerados.

### 6.4.1 GESTOR DE LLAMADAS

El gestor de llamadas o Call Manager, que en ocasiones se denominan Publisher contienen una base de datos con los dispositivos, rutas, usuarios y servicios disponibles en la red de datos. Es el elemento central y el que controla el funcionamiento del sistema.

En el servicio de telefonía IP de Telefónica, se usa como gestor de llamadas el sistema de Cluster de Call Managers (CCM) de CISCO. Este sistema cuenta con servidores de llamadas denominados Subscribers. En estos servidores es donde se realiza el registro de los dispositivos del sistema de VoIP y el control y el procesamiento de las llamadas.

El sistema Cisco Cluster Call Manager (CCM) usa los Subscriber de modo que ante una situación de contingencia, puedan funcionar como Back up de otro Subscriber principal. La redundancia que se propone es de tipo 1 a 1, con lo que por cada Subscriber principal existe otro de respaldo. Además, estos servidores no se encuentran en la misma sede para proporcionar redundancia geográfica.

La solución que se ha diseñado en este proyecto usa un único Cluster de Call Manager Cisco denominado CUCM<sup>34</sup> en su versión 7.1 que es la estándar para el servicio de voz. La instalación de dicho CUCM será distribuida, manteniendo la estructura que hay actualmente.

Este CUCM en su configuración básica puede alojar hasta 12.500 extensiones, que pueden ser ampliadas hasta 20000 añadiendo más servidores. Las características concretas del CUCM son las siguientes.

<b>CISCO UNIFIED COMMUNICATION MANAGER (CUCM)</b>	
<b>CallManager 7.1</b>	
CUCM 7.1 top level part number	1
<b>Hardware</b>	
Unified CM 7.1 7845-H2 Appliance, 0 Seats	8
Power Cord Europe	
<b>Software</b>	
License Unified CM 7.1 7845 Appliance, 5.000 seat	4
License CM7.X Additional 2500 Users	2
License Unified CM 7.1 7835 Appliance, 2.500 seats	4

Para la gestión de la solución de Telefonía IP es necesario un sistema de gestión. En este caso, el CUCM requiere un servidor de monitorización denominado Cisco Unified Operations Manager (CUOM) y la plataforma de Cisco Unified Service Monitor (CUSM). El diseño realizado incluye dos servidores de monitorización ya que el sistema es muy grande. Además, cada servidor puede ser utilizado como respaldo del otro en caso de fallo.

---

<sup>34</sup> CUCM. Cisco Unified Call Manager



El sistema de monitorización incluye PCs dedicados a dicho fin. A través de estos PCs los administradores del sistema, designados por el cliente, pueden acceder a datos o incluso modificar la configuración del sistema. Inicialmente se incluyen 5 PCs de monitorización, que podrán ser ampliados en caso de necesidad.

<b>SISTEMA DE GESTIÓN Y SUPERVISIÓN</b>	
<b>SOFTWARE</b>	
CUCMS Monitoring Bundel Prem Edition 10k Lic OM/SM 2.2	1
CUCMS Monitoring Bundel Prem Edition 2k Lic OM/SM 2.2	1
Servidor Dual Procs. Con SO Windows Vista, 2 GB RAM, rack, monitor, teclado y ratón	2
PC Dual Procs. Con SO Windows Vista, 2 RAM, rack, monitor, teclado y ratón	5

#### 6.4.2 SISTEMA DE MENSAJERÍA

Los sistemas de telefonía IP como el diseñado permiten instalar sistemas de mensajería vocal para los usuarios. En este caso, se selecciona el sistema UNITY de CISCO, diseñado para funcionar sobre el CUCM estudiado en el punto 6.4.1.

El sistema diseñado instalará el hardware necesario para el manejo de la mensajería en la Sede Industrial. Inicialmente se facilitarán 600 licencias para los usuarios del sistema de voz, aunque el sistema puede soportar un buzón por cada usuario. En caso de que en el futuro se requiera el sistema de mensajería para un mayor número de usuarios, solo será necesario adquirir más licencias para cubrir dicha necesidad.

<b>SISTEMA DE MENSAJERÍA UNITY</b>	
<b>SOFTWARE</b>	
Unity Release 7	1
Unity Server License for VM or UM	1
Exchange 2003 in English, Frenchm German and Japanese	1
Unity, VM Exchange Version Update to release 7.X UM Users	600
<b>HARDWARE</b>	
Unity MCS-7845-H2, 8x146 HDD, 4GB RAM, Quad-Cores	1
Unity MCS-7835-I2,2x146 HDD,2GB RAM	1
Power Cord –FR, GR, NTH, SP, SWE, AUS, BEL, PERU	1
UNITY OPERATING SYSTEM 2003	1
UNITY FAILOVER SERVER	1

#### 6.4.3 TARIFICADOR

Los sistemas de telefonía suelen incluir un sistema de tarificación y control de llamadas. En este caso se ha optado por instalar un tarificador Gastel Premium.

Se trata de un software compatible con el CUCM de CISCO y que permite conocer en tiempo real la información relativa a las llamadas realizadas. El software de Gastel se instala en dos servidores HP enracables (Pentium Sual Core Xeon 3040 1.86Ghz, 2GB RAM, 80 GB HD, Windows 2003 Standard Server).

<b>TARIFICADOR 12.500 EXTENSIONES</b>	
<b>SOFTWARE</b>	
Licencia de Tarificación Gastel Premium 2.2 (S/Cisco 7.X) Hasta 1.500 extensiones.	1

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

TARIFICADOR 12.500 EXTENSIONES	
<b>SOFTWARE</b>	
Paquete 100, Gastel Premium IP 2.2 (S/Cisco 7.X) Mayor o igual a 1.500 extensiones.	100
Módulo WEB Hasta 1.500 extensiones.	1
Paquete 100, Módulo WED mayor o igual 1.500 ext. Opcional	100
Licencia Gastel Premium s/BD Oracle Corporativa	1
UPgRADE Licencia Gastel Premium s/BC Oracle Corporativa	1
<b>HARDWARE</b>	
Servidor HP enracable Pentium Dual Core Xeon 3040 1.86Ghz. 2 GB RAM, 80 GB HD, Windows 2003 Standard Server	2

#### 6.4.4 GATEWAYS

Como se explicó en la sección 6.3 de este capítulo, existen dos tipos de sedes con Gateway, Las sedes que cuentan con un Call Manager y las sedes que no. El primer tipo está reservado a sedes principales, en las que los Gateways a utilizar presentan enlaces RDSI primarios para la conexión con los servicios de RTB y red móvil para cursar llamadas externas en caso de que las llamadas no puedan ser cursadas por la NGN.

Los Gateways serán controlados por el CCM y la redundancia se dará con varios Gateways en modo respaldo.

En cuanto a los Gateways que se van a instalar en las oficinas remotas, tendrán la funcionalidad de supervivencia SRST<sup>35</sup>. Esta funcionalidad sirve de mecanismo de contingencia en caso que exista algún problema en la red corporativa o en el Call Manager. Durante el tiempo que dure la contingencia, el sistema de supervivencia permite que se sigan cursando llamadas entre extensiones de la misma sede e incluso con número externos de la RTC saliendo hacia la misma gracias a los puertos BRI's o PRIS's de la sede. El funcionamiento del SRST se explica en el capítulo 2 dedicado al estado de la cuestión.

<sup>35</sup> SRST. Survivable Remote Site telephony. Ver capítulo 2 estado de la cuestión.

## 6.4.5 ARQUITECTURA DE SEDES

Hasta ahora se han diseñado los elementos que controlan la red de telefonía IP. En esta sección vamos a ver los diseños realizados para distintas sedes. La arquitectura de las sedes depende del grado de disponibilidad que requieran sus comunicaciones y de lo críticas que sean las mismas. De esta manera, se abordan diseños con distintas configuraciones.

### 6.4.5.1 Sede Central Alta Disponibilidad Sin Gateway

Esta configuración está diseñada para sedes grandes, que requieren alta disponibilidad en sus comunicaciones, bien por su elevado número de usuarios o bien porque sus comunicaciones son críticas. Al no tener Gateway, las llamadas a cursar hacia la red telefónica básica se hacen a través de la NGN.

En el caso de las sedes centrales del cliente que no estén equipadas con Gateways, es el EDC el que realiza las funciones de router y ejecuta los mecanismos de QoS para la telefonía. La alta disponibilidad se asegura incluyendo doble acceso que puede ser además con doble o simple EDC. En el caso general de la red que vamos a construir, se usará doble EDC para garantizar la calidad del servicio.

El diseño realizado cuenta con dos routers EDC que dan salida hacia la red MPLS de Telefónica a través de accesos MacroLAN. Estos dos EDC se conectan a un switch que da servicio a las LANs del cliente donde se alojan los terminales de telefonía y el Cluster de Call Manager diseñado en el punto 6.4.1. Esto se puede ver en la ilustración 36.

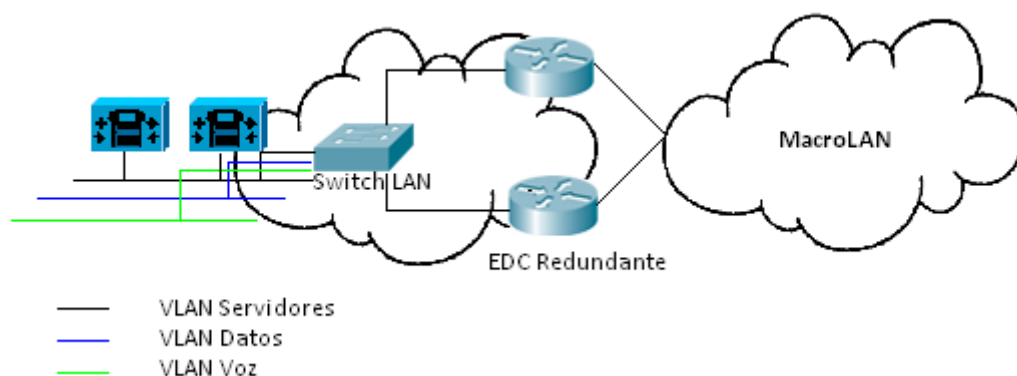


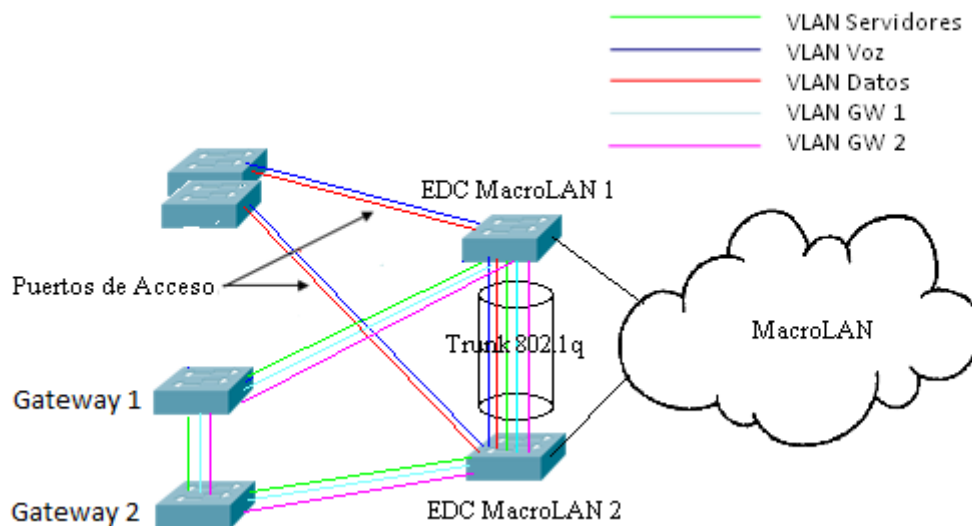
Ilustración 36: Arquitectura de Sede Central de Alta Disponibilidad Sin Gateway

#### 6.4.5.2 Sede Central Alta Disponibilidad con EDC Redundado y Gateway

Esta configuración está diseñada, al igual que en el caso anterior, para sedes grandes, que requieren alta disponibilidad en sus comunicaciones, bien por su elevado número de usuarios o bien porque sus comunicaciones son críticas. Además, al contar con un Gateway de salida hacia la RTB, en caso de contingencia en la NGN o en el Call Manager, las llamadas se pueden cursar directamente hacia la red pública mediante los enlaces RDSI primarios del Gateway hacia la RTB.

En el diseño realizado, se cuenta con dos EDCs, uno principal y su respaldo. Además, se incluyen dos Gateways, también redundados conectados entre sí, y conectados a su vez a los EDCs como se muestra en la ilustración 37. Esta configuración hace que sean posibles los bucles en la red local del cliente. Para evitar problemas de comportamiento como este, es necesario activar en protocolo Hot Standby Router Protocol (HSRP<sup>36</sup>).

<sup>36</sup> HSRP. Hot Standby Router Protocol. Ver capítulo 2 estado de la cuestión.



**Ilustración 37: Arquitectura de Sede Central de Alta Disponibilidad con Gateway**

En los escenarios que se requiere doble EDC, se realiza la monitorización del router activo para los grupos HSRP de la VLAN de voz y datos a través de la interconexión entre los dos EDCs. La conexión con los switches se hace en modo acceso y se habilitará Spanning Tree Protocol (STP) en las VLANs.

#### **6.4.5.3 OFICINA IP BÁSICA CON ACCESO SIMPLE**

Vamos a entender por oficina básica, aquella que no requiere acceso directo a la RTC. Por esta razón, la funcionalidad Gateway no será incorporada en este tipo de instalaciones.

Una oficina básica, puede tener o no acceso de respaldo. El esquema más sencillo que podemos tener en una sede remota es el que no cuenta con línea de respaldo. Se trata de una sede con un acceso simple y sin back up. Cuenta únicamente con un router EDC y un switch para distribuir las diferentes LANs internas de la sede.

Suele ser habituales en sedes pequeñas y poco críticas. La principal ventaja de estas sedes es el coste económico.

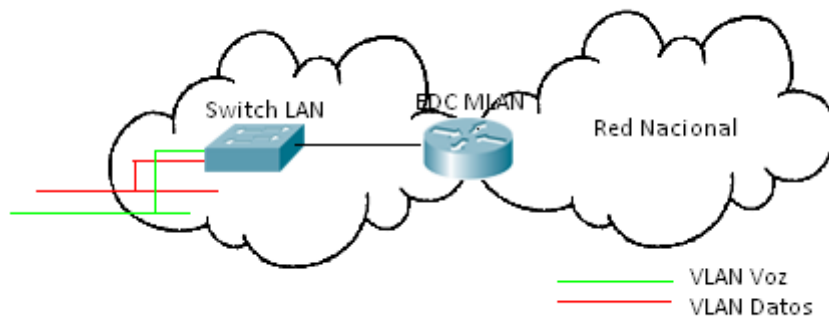


Ilustración 38: Arquitectura de Oficina IP Básica

#### 6.4.5.4 OFICINA IP BÁSICA CON ACCESO REDUNDADO

Una oficina básica, aquella que no requiere acceso directo a la RTC. Por esta razón, la funcionalidad Gateway no será incorporada en este tipo de instalaciones.

La arquitectura de este tipo de sedes es un poco más complicada que la anterior. En este diseño se incluye un acceso principal y otro de respaldo.

Además, en este tipo de sedes, el acceso de datos se equipa con un respaldo degradado, aunque este no se recomienda para la telefonía, ya que al no tener las mismas características que el principal, puede ocasionar problemas de retardos o jitters.

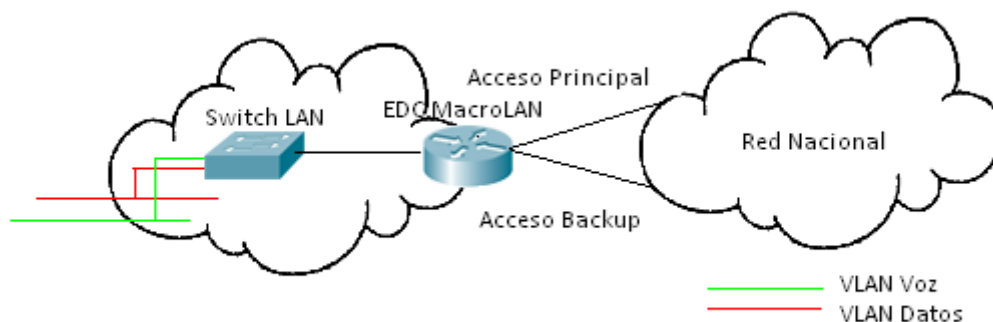


Ilustración 39: Arquitectura de Oficina IP con Acceso Redundado

#### 6.4.5.5 OFICINA IP ESTÁNDAR CON ACCESO SIMPLE

Vamos a entender por oficina estándar aquella que incorpora conectividad directa con la red telefónica básica. Por esta razón, se incorpora la funcionalidad de Gateway en la oficina para que sea capaz de cursar llamadas directamente a la RTB en caso de que sea necesario.

La conectividad de estas sedes se ofrece por circuitos RDSI básicos o primarios a través del Gateway de la sede.

En cuanto a la funcionalidad de Gateway puede estar incorporada en el router EDC o puede encontrarse en un equipo específico.

En el esquema de este tipo de sedes, se cuenta con un único EDC y de una sola línea de acceso al servicio MacroLAN. Además, como se requiere acceso directo a la RTB, se incorpora la funcionalidad de Gateway, así como tarjetas BRI o PRI, tarjetas DSP<sup>37</sup> y el hardware adicional necesario.

<sup>37</sup> DSP. Digital Signal Processing



El EDC/GW de estas sedes, permite incluir funciones adicionales, como son la supervivencia para dotar de conexión con la RTC a los equipos de telefonía en caso de que se pierda la conexión a través del servicio MacroLAN. Este modo de supervivencia permite la comunicación entre los propios equipos de la oficina realizando funciones de PBX<sup>38</sup> IP.

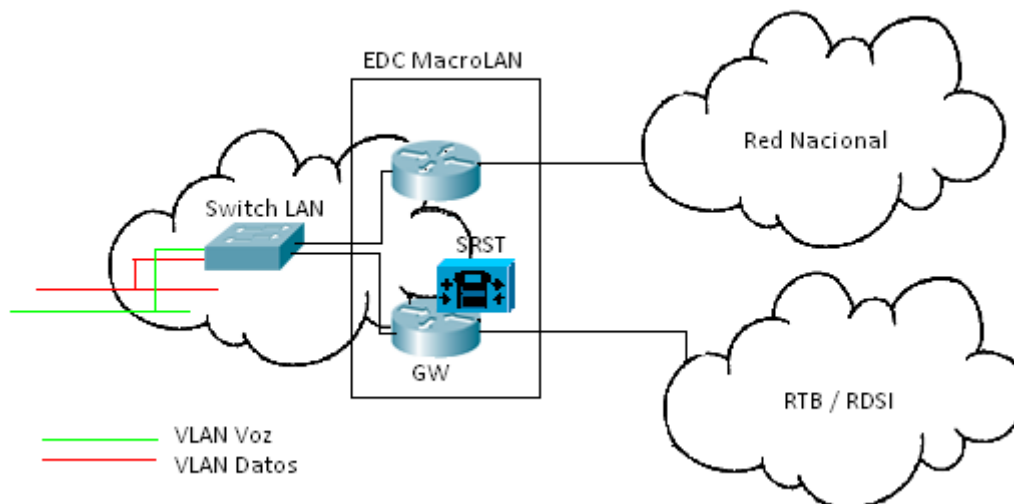


Ilustración 40: Arquitectura de Oficina IP Estándar

#### 6.4.5.6 OFICINA IP ESTÁNDAR CON ACCESO REDUNDADO DE TIPO DEGRADADO

Una oficina estándar es aquella que incorpora conectividad directa con la red telefónica básica. Por esta razón, se incorpora la funcionalidad de Gateway en la oficina para que sea capaz de cursar llamadas directamente a la RTB en caso de que sea necesario.

La conectividad de estas sedes se ofrece por circuitos RDSI básicos o primarios a través del Gateway de la sede.

En este caso el servicio MacroLAN se ofrece por un único EDC pero con acceso principal y un respaldo de tipo degradado, en lugar de acceso simple. El respaldo degradado no se recomienda para el sistema de Telefonía IP, ya que es posible que por este acceso no se

<sup>38</sup> PBX. Private Branch Exchange. Ver Capítulo 2 “Estado de la Cuestión”

cumplan los requisitos del sistema de telefonía IP deteriorando su calidad. Por esta razón, el respaldo solo se usará para los datos.

En este tipo de sedes, por lo general, se incorporará la funcionalidad de Gateway en el EDC de acceso al servicio MacroLAN. En cuanto a hardware, se incluirán tarjetas BRI o PRI, tarjetas DSP y el hardware adicional necesario.

Es posible incorporar funciones adicionales sobre el EDC/GW de estas sedes, como son la supervivencia para dotar de conexión con la RTC a los equipos de telefonía de la sede en caso de que se pierda la conexión a través del servicio RPV. Este modo de supervivencia permite la comunicación entre los propios equipos de la oficina realizando funciones de PBX IP.

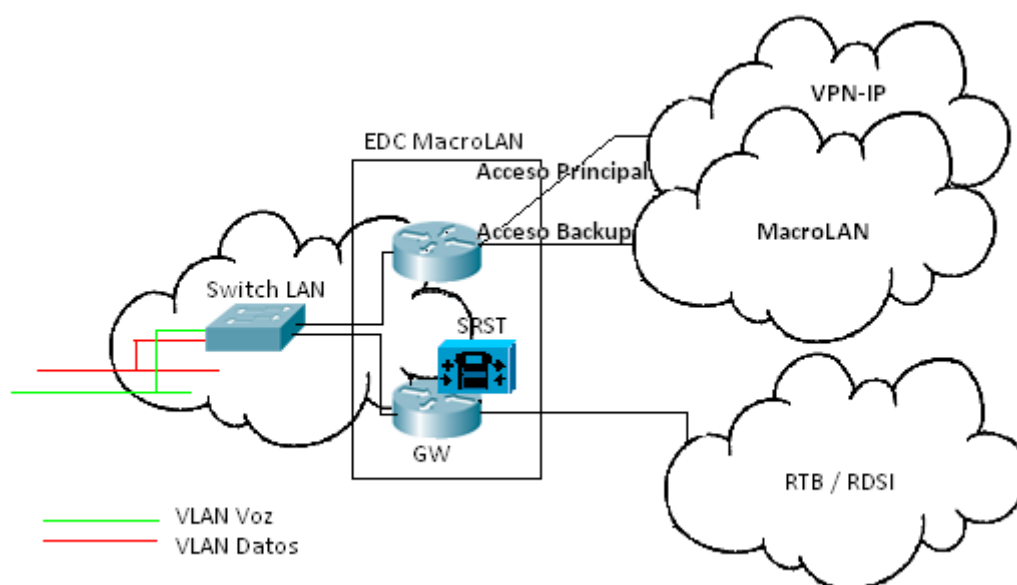


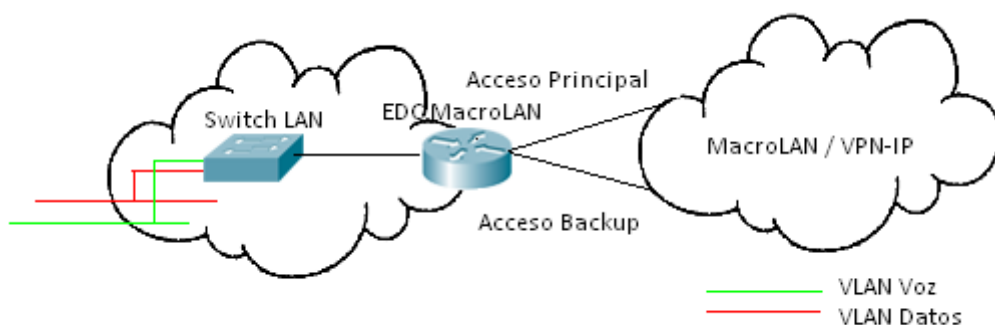
Ilustración 41: Arquitectura de Oficina Estándar Con Respaldo Degradado

#### 6.4.5.7 OFICINA IP DE ALTA DISPONIBILIDAD CON UN EDC Y SIN GATEWAY

Vamos a entender por oficina de alta disponibilidad, aquella que presenta mecanismos de contingencia en caso de pérdida de conectividad con la red MPLS.

El caso más simple de este tipo de sede, presenta un único EDC para dar acceso a el servicio MacroLAN pero con acceso redundado. Caso de que el acceso principal esté caído, se utiliza el de respaldo de forma transparente para los usuarios.

En este caso no se dispone de acceso directo a la RTB, no es necesaria la funcionalidad de GW. El acceso a la RTB se hace de manera centralizada mediante el servicio NGN.



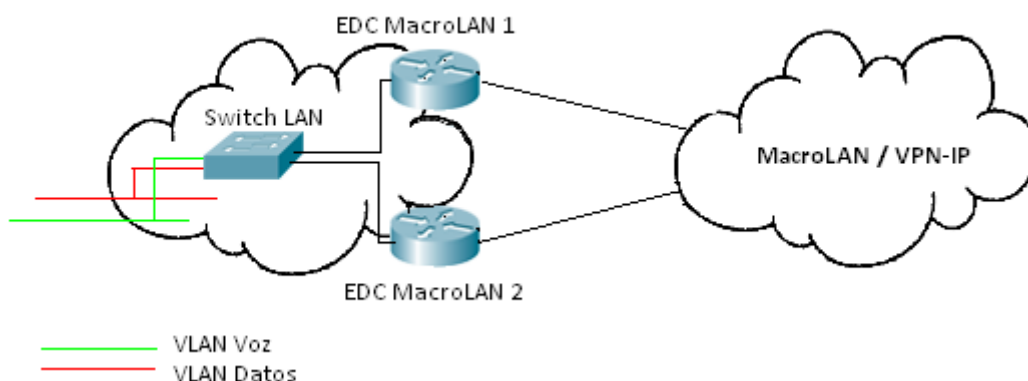
**Ilustración 42: Arquitectura de Oficina IP de Alta disponibilidad**

#### **6.4.5.8 OFICINA IP DE ALTA DISPONIBILIDAD CON DOBLE EDC Y SIN GATEWAY**

Una oficina de alta disponibilidad, es aquella que presenta mecanismos de contingencia en caso de pérdida de conectividad con la red MPLS.

La arquitectura que se muestra a continuación, corresponde con el diseño para una sede con acceso de respaldo totalmente diversificado. Este tipo de configuraciones son redundantes tanto en acceso como en equipos. Por tanto, aparecen dos EDCs, uno principal y otro redundado y sus líneas de acceso a la red MPLS independientes. El equipo de respaldo, permite que caso de perderse la comunicación con la red MPLS por el EDC principal, se use este de manera transparente para el usuario.

Este tipo de configuraciones están diseñadas para sedes de un tamaño mayor que en los casos anteriores pero que no requieren conexión directa con la RTB. El acceso a la RTB se hace usando el servicio NGN.



**Ilustración 43: Arquitectura de Oficina IP con Acceso Totalmente Diversificado**

#### **6.4.5.9 OFICINA IP DE ALTA DISPONIBILIDAD CON UN EDC Y CON GATEWAY**

Una oficina de alta disponibilidad, es aquella que presenta mecanismos de contingencia en caso de pérdida de conectividad con la red MPLS.

En este caso, la sede diseñada cuenta con un acceso totalmente diversificado, al igual que en el punto 6.4.5.8, pero en este caso se incorpora un acceso directo a la RTB. Los accesos totalmente diversificados son redundantes tanto en acceso como en equipos. Por tanto, aparecen dos EDCs, uno principal y otro redundado y sus líneas de acceso a la red MPLS independientes.

El acceso a la RTB se hace través del Gateway, que en el caso de estar integrado en el EDC, y que cuenta con accesos RDSI primarios o básicos hacia la red telefónica.

Como en otros casos, se pueden incorporar funciones adicionales sobre el EDC/GW, como son la supervivencia para dotar de conexión con la RTC a los equipos de telefonía de la sede en

caso de que se pierda la conexión a través del servicio MacroLAN. Este modo de supervivencia permitirá la comunicación entre los propios equipos de la oficina realizando funciones de PBX IP.

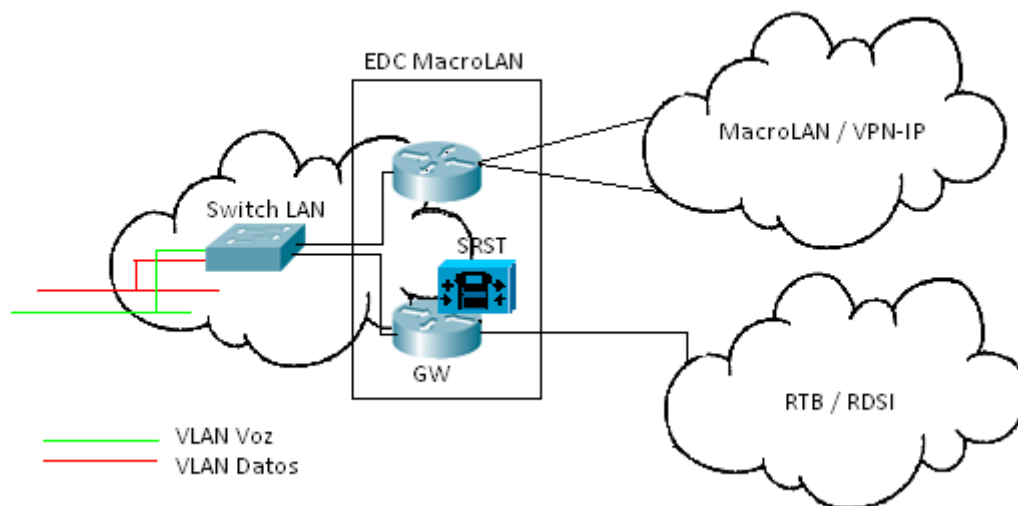


Ilustración 44: Arquitectura de Oficina IP con Acceso Totalmente Diversificado y Gateway

#### 6.4.5.10 OFICINA IP DE ALTA DISPONIBILIDAD CON DOBLE EDC Y CON GATEWAY

Una oficina de alta disponibilidad, es aquella que presenta mecanismos de contingencia en caso de pérdida de conectividad con la red MPLS.

El escenario que se presenta a continuación está diseñado para sedes grandes en las que sus comunicaciones son críticas. El diseño es una combinación de los vistos en los puntos 6.4.5.8 y 6.4.5.9.

El acceso a la red corporativa es totalmente redundado tanto en electrónica, con dos EDCs, como en líneas de acceso a la red MacroLAN. Los accesos físicos, parten cada uno desde un EDC hacia la red MPLS.

La salida hacia la red pública se hace directamente desde la sede, mediante el Gateway instalado. Al existir doble EDC, el Gateway no está incorporado en el EDC de acceso MacroLAN. Esta función quedará delegada a un equipo independiente al que se conectarán los accesos RDSI de la red telefónica pública.

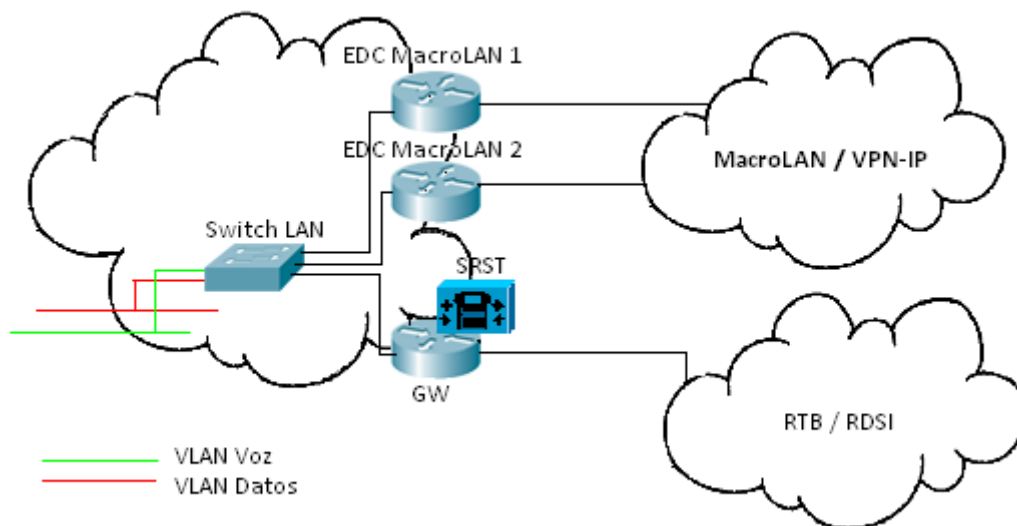


Ilustración 45: Arquitectura de Oficina de Alta disponibilidad Con EDC Redundante y Gateway

#### 6.4.5.11 OFICINA IP DE ALTA DISPONIBILIDAD CON DOBLE EDC Y DOBLE GATEWAY

Una oficina de alta disponibilidad, es aquella que presenta mecanismos de contingencia en caso de pérdida de conectividad con la red MPLS.

Esta configuración está diseñada para sedes grandes en las que sus comunicaciones son críticas. El acceso a la Red Corporativa se hace mediante un doble EDC y acceso redundado. Además, en este diseño, el Gateway también está redundado. Esto se consigue usando dos Routers/GW como EDCs. Cada uno de estos EDCs se conectan tanto al servicio MacroLAN como a la RTB mediante accesos RDSI primarios o básicos.

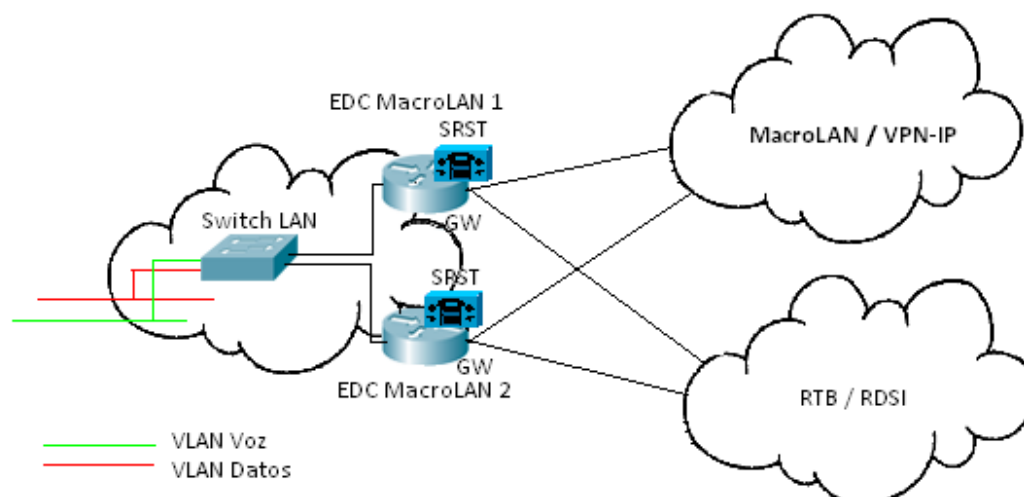


Ilustración 46: Arquitectura de Oficina de Alta Disponibilidad con doble EDC/GW

## 6.4.6 INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE ÁREA LOCAL

La infraestructura de la LAN y su diseño es esencial para el correcto funcionamiento de los sistemas presentados hasta el momento. Un diseño de infraestructura para una red de voz y datos como la que se ha diseñado requiere una alta fiabilidad y calidad. Durante esta sección se explican las consideraciones de diseño de la infraestructura que se han tenido en cuenta.

### 6.4.6.1 CATEGORÍA DEL CABLEADO

El cableado de las sedes es esencial para no perder calidad de servicio en las LANs del cliente. Para velocidades inferiores a 100 Mbps se puede utilizar cableado de categorías 3 o 5. Para velocidades de 100 Mbps en adelante, se utilizará siempre categoría 5 o superior.

#### **6.4.6.2 SEPARACIÓN DE LA LAN DE VOZ Y DATOS**

La separación de la voz y los datos en LANs diferentes es muy recomendable. Esta separación ayuda a prevenir que ataques a la red de datos que puedan llegar a afectar a la voz. Además, facilita la gestión de la infraestructura y el direccionamiento de la red.

Lo recomendable por tanto es separar en VLANs. En la que la VLAN de voz se incluyen todos los equipos necesarios para el sistema de telefonía, es decir, Teléfonos IP, Gateways y Call Managers.

Los switches que forman la red del cliente deben ser capaces de realizar etiquetado de paquetes y ejecutar mecanismos de priorización. En la red diseñada la voz y los datos compartirán infraestructura en muchos puntos y por eso es necesario priorizar los paquetes de voz para garantizar la calidad de servicio. Esto se concreta en que los switches escogidos soportan 802.1q para ejecutar el marcado de paquetes y son capaces de mapear una cola de alta prioridad para garantizar retardos y jitters en las comunicaciones de voz.

En cuanto al conexionado de las LAN de voz y datos existe la posibilidad de mapearlas por un único puerto o puertos separados. Para ello, hay que tener en cuenta lo siguiente.

- **Mapeadas por el mismo puerto en el Switch**

En este tipo de configuración, el teléfono IP se conecta al puerto del switch, mientras que el PC se conecta al teléfono. De esta manera, teléfono y PC salen por un único puerto del switch. La principal ventaja es que solo usamos un puerto del switch. La desventaja es que el teléfono debe ser capaz de hacer switching lo que encarece la solución.

- **Mapeadas por distinto puerto en el Switch**

Este tipo de configuraciones son más sencilla, ya que los teléfonos cuelgan de unos puertos del switch y los PCs a otros. La principal desventaja de esta configuración es que requiere duplicar



los puertos necesarios con respecto a la configuración anterior. Se puede llegar a incluir un switch solo para la voz.

#### **6.4.6.3 ALIMENTACIÓN DE LOS TERMINALES**

La elección de los terminales a utilizar en una red de las dimensiones de la diseñada es crítica en lo que se refiere al impacto económico. El gran número de terminales a instalar hace que una diferencia pequeña en el precio de dos terminales haga inviable económicamente el proyecto. Además, muchos terminales necesitan alimentadores si la red no es capaz de prestar la alimentación a los mismos desde la conexión Ethernet. Esto encarece aun más la solución.

En el caso de usar teléfonos y switches de Cisco eso posible utilizar la alimentación PoE (Power over Ethernet), que es una solución propietaria de Cisco. Esta solución no se recomienda, ya que aunque evitas usar alimentadores para los teléfonos, penalizarías un futuro cambio de suministrador de terminales y hardware.

En general se recomienda el uso de teléfonos IP que soporten el estandarte 802.3af sobre alimentación vía LAN. Con esta solución, también se evita el uso de alimentadores para los teléfonos. Por tanto, en la implantación de la red diseñada se escogerán switches y terminales que soporten dicho estándar.

#### **6.4.6.4 AUTOCONFIGURACIÓN DE LOS TERMINALES IP**

La autoconfiguración de los terminales permite al cliente instalar teléfonos IP de manera sencilla con solo conectarlo a un puerto libre. La autoconfiguración de los equipos hace disminuir significativamente los costes de instalación y el tiempo de la misma. Para ello, es necesario que los equipos cumplan los siguientes requisitos:

- Es necesario que el teléfono sea capaz de obtener la VLAN de voz desde el switch. Si los teléfonos y switches son Cisco, se hace mediante el protocolo Cisco Discovery Protocol (CDP)

- El protocolo DHCP debe poder asignar a los teléfonos direcciones IP automáticamente. Este protocolo debe poder ser usado por los teléfonos y por otros elementos de la red para obtener la configuración inicial. Esta configuración incluye: máscara de subred, dirección IP, router por defecto y dirección del servidor TFTP<sup>39</sup>.
- Los ficheros de configuración para los teléfonos está guardados en un servidor TFTP. Contiene información acerca del software que deben ejecutar así como lo necesario para conectarse al Call Manager.

Además de lo anterior, Para permitir que los terminales sean capaces de automatizar esta instalación, el diseño de la infraestructura LAN y de la RPV debe cumplir los siguientes requisitos:

- Permitir el Autoregistro en el Cluster de Cisco Call Manager.
- No modificar la configuración de fábrica de los terminales.
- Identificado de terminales por la MAC.
- El EDC necesita soporte VLANs separadas para separar tráfico de voz y datos.
- Instalación del protocolo Cisco Discovery Protocol (CDP) en el switch.

El EDC de acceso a la red corporativa se encarga de la gestión del Plan de Direccionamiento IP para los terminales IP usando el protocolo DHCP. Para ello hay que, primero, activar el servidor DHCP en el EDC/GW y posteriormente el DHCP asigna al terminal una dirección IP. Esta dirección estará dentro del rango reservado para la VLAN de voz, la dirección del servidor TFTP. De este último se obtiene la configuración del teléfono asociada a su MAC.

---

<sup>39</sup> TFTP. Trivial file transfer Protocol. Ver capítulo 2 Estado de la Cuestión.

## 6.5 ADAPTACIÓN LOS PARÁMETROS DE LA RED DE DATOS

La red de telefonía IP que se ha diseñado en este capítulo va a circular por la red de datos diseñada en el capítulo 6. Esto hace que sea necesaria la reconfiguración de algunos parámetros de la red de datos para cumplir con los requerimientos del sistema de telefonía.

A continuación se muestran los parámetros de la red de datos que se han tenido en cuenta para cumplir las necesidades del sistema de telefonía.

### 6.5.1 TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD

Para conseguir unos tiempos de indisponibilidad por convergencia por debajo de los niveles máximos requeridos por el sistema, es necesaria la correcta parametrización del Sistema del parámetro keepalive en el Call Manager. Hay que tener en cuenta en esta parametrización, que se deben cumplir los requisitos en todos los escenarios.

La parametrización se hará en dos niveles, en el Cluster de Cisco Call Manager y en los Gateways.

Esto es necesario para evitar que si se da un periodo de indisponibilidad de los accesos redundantes de los servicios de datos, los terminales se registren en modo SRST. A continuación se mostrarán los valores que toma cada parámetro para cumplir con los requisitos.

#### 6.5.1.1 PARÁMETRO KEEPALIVE EN CLUSTER CISCO CALLMANAGER

La siguiente tabla muestra los valores concretos que se van a configurar en el Cluster de Call Manager para que el sistema de telefonía IP no se vea afectado por los tiempos de indisponibilidad transitoria cuando se caen los accesos principales.

Parámetro	Descripción	Valor Recomendado
Enterprise Parameters		
Connection Monitor Duration	Tiempo para volver a registrarse en el CCM una vez recuperada la conexión con el CCM después de haberse activado la funcionalidad SRST	30 s
Service Parameters	Service: Cisco CallManager	
Clusterwide Parameters	Device General	
Station and Backup Server Keepalive Interval	Indica el intervalo entre mensajes de keepalive enviados desde los teléfonos IP al CCM Backup.	60 s
Station Keepalive Interval	Indica el intervalo entre mensajes keepalive enviados desde los teléfonos IP al CCM Principal.	60 s

#### 6.5.1.2 PARÁMETRO KEEPALIVE EN EDC/GATEWAY

La parametrización del parámetro keepalive en el EDC/GW es necesaria para que este último sea capaz de detectar la pérdida de comunicación con el Call Manager. Los valores concretos se muestran en la siguiente tabla.

Parámetro	Descripción	Valor Recomendado
Call-manager-fallback		
Keepalive	Intervalo entre keepalives enviados por el GW H.323	30 s

### 6.5.1.3 PARAMETRIZACIÓN DEL CODEC G.729

La parametrización del Codec G.729 sirve para indicar el marcado que van a tener los paquetes de telefonía IP. Estos parámetros, tienen que ser configurados tanto en el cluster del Cisco Call Manager como en los EDC/GW ya que funcionan independientemente del Call Manager.

En el sistema diseñado, los valores que se tomarán para este parámetro son los siguientes:

- Codec G.729 de 3 muestras
- ToS = 5 para los paquetes de audio y señalización

Parámetro	Descripción	Valor Recomendado
Enterprise Parameters		
DSCP for SCCP Phone configuration	Especifica el valor del campo DSCP para los protocolos de configuración del teléfono IP como DHCP, TFTP, etc.	CS5 (precedence 5) DSCP (101000)
DSCP for Cisco CallManager to device interface	Especifica el valor del campo DSCP para los protocolos de señalización entre el Teléfono IP y el CCM.	CS5 (precedence 5) DSCP (101000)
Service Parameters	Service: Cisco CallManager	
Clusterwide Parameters	System-QoS	
DSCP for Audio Calls	Especifica el valor del campo DSCP para las llamadas de audio. El valor por defecto es con la precedencia al valor 5.	EF DSCP (101110)
DSCP for ICCP Protocol Links	Especifica el valor del campo DSCP para el protocolo: Intracluster Communication Protocol (ICCP), de comunicación entre Cluster de CallManager	CS5 (precedente 5) DSCP (101000)
Clusterwide Parameters	Systema . Location and Region	
Preferred G.729 Millisecond Packet Size:	Especifica el número de muestras utilizadas en la codificación G.729. El valor de 30ms indica que se utilizan 3 muestras, el valor de 20ms indica que se utilizan 2 muestras.	20 o 30

#### 6.5.1.4 CONFIGURACIÓN DEL CAC (Control de Admisión de Llamadas) EN CCM

Las llamadas que entran y que salen de una oficina remota las controla el Call Admisión Control (CAC) del Call Manager. El principal cometido del CAC es el control del ancho de banda que se dedica a comunicaciones multimedia. Este caudal multimedia reservado por el CAC debe corresponderse con el caudal contratado para este tipo de tráfico en la sede. En definitiva, el objetivo es mantener la calidad de las llamadas independientemente del tráfico de otro tipo que circule por la red.

La parametrización del Codec es esencial, ya que existe un flujo de información entre el Call Manager y los routers para controlar la calidad de servicio. Si fuera necesario, se abortaría una llamada si la red no puede asegurar su calidad de servicio. A continuación se muestran los valores que recomienda el fabricante para este tipo de sistemas y configuraciones.

Hay que tener en cuenta, que hay escenarios que el CAC no resolverá. Como ya se ha comentado en apartados anteriores, los accesos redundados degradados no son adecuados para la voz, ya que al aumentar el jitter y el retardo, las comunicaciones se degradan mucho. En accesos redundados, en reparto de carga también habrá problemas, ya que el CAC no controla en tiempo la ocupación del enlace.

Parámetro	Descripción	Valor Recomendado
System		
Region	Permite definir el CODEC utilizado en las comunicaciones, entre diferentes regiones y dentro de una región.	El Codec utilizado para la comunicación entre regiones, que identifiquen diferentes sedes y que impliquen comunicaciones por la Red Corporativa: MacroLan/VPN-IP debe ser en cualquier caso G.729.
Location	Define el Control de Admisión de Llamadas que se va a aplicar a una sede, en función del Ancho de Banda contratado para el tráfico multimedia de dicha sede.	Por cada Location, que identifica las llamadas que puede cursar una sede por la Red Corporativa se definirá un <b>Bandwith</b> igual al número de llamadas ( <b>canales</b> ) contratados por cada oficina multiplicado por 24kbps, que es el ancho de banda considerado por el CCM para cursar una llamada con el Codec G.729.

## 6.6 FLUJOS DE TRÁFICO EN LA RED DISEÑADA

La siguiente sección trata de ejemplificar el funcionamiento del diseño de la arquitectura que se han presentado hasta ahora en este documento para la solución de voz. El flujo de tráfico en la nueva red del cliente, queda definido por la arquitectura presentada en el capítulo 6 dedicado al diseño de la red de datos y por el diseño presentado en este capítulo.

Los esquemas de flujos de tráfico que se muestran en esta sección competen al tráfico de voz de ida y vuelta para todas las sedes. Además, se muestran los flujos de tráfico en situaciones de contingencia.

En esta sección vamos a diferenciar entre el tráfico de voz y datos y vamos a analizar sus flujos en diferentes situaciones que van desde el funcionamiento normal de la red, a situaciones de contingencia.

Antes de comenzar con el análisis de distintas situaciones, es conveniente definir los tipos de llamadas ante las que nos vamos a enfrentar y que son soportadas por el diseño de red realizado.

- **Llamadas On-net:**

Llamadas entre extensiones internas.

- **Llamadas Off-net:**

Llamadas entre una extensión interna y un teléfono externo. Es recomendable definir un código para las llamadas que salen de la red.

- **Break-in:**

Llamadas Off-net originadas en un teléfono externo con destino una extensión interna. El Break-in es local a la oficina, las llamadas entran por cualquiera de los Gateways de la oficina o por el Gateway de conexión con la PBX en la sede central o NGN.

- **Break-out:**

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Llamadas Off-net originadas en una extensión interna con destino un teléfono externo. El Break-out puede ser local, usando el Gateway de la oficina, o remoto, usando el Gateway de la sede central o NGN.

### 6.6.1 SITUACIÓN NORMAL EN LLAMADAS CORPORATIVAS INTRAOFICINA

El flujo de comunicaciones de voz que se muestra a continuación corresponde al funcionamiento normal en llamadas intraoficina, es decir, para llamadas dentro de una misma sede.

En este caso, la llamada producida desde un terminal de la sedes, se dirigirá hasta el Call Manager. Para ello, atravesará la red de datos, al igual que si fuera un paquete normal, la única diferencia será en el caso de que exista congestión. En este caso, el paquete de voz será prioritario.

Al llegar al Call Manager, este encaminará la llamada hacia el destino. El Call Manager guarda la información de los terminales dados de alta en el sistema y es capaz de realizar el encaminamiento. La ilustración 47 muestra este encaminamiento.

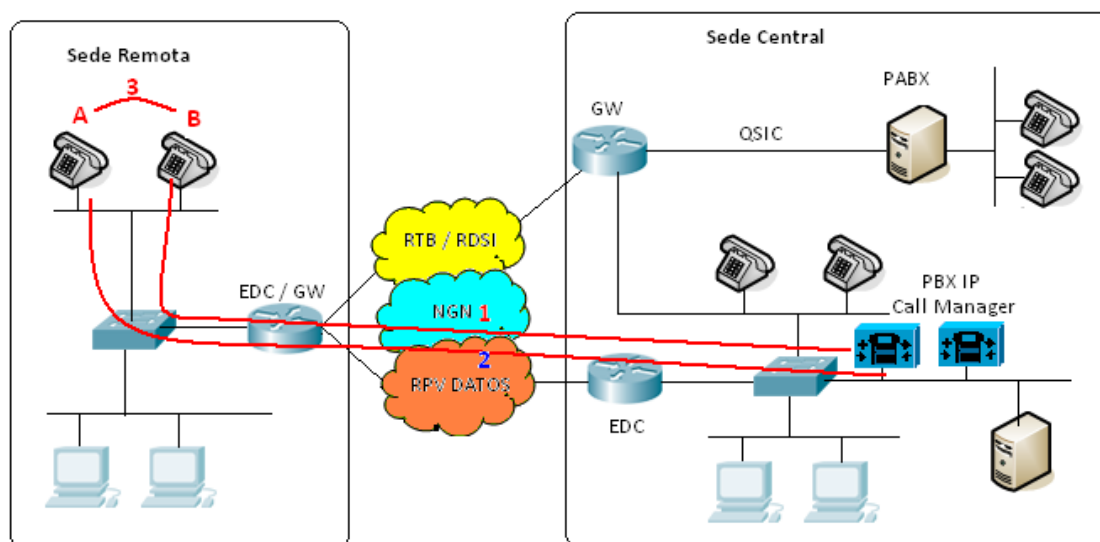


Ilustración 47: Flujos de Tráfico de Voz Intraoficina



### 6.6.2 SITUACIÓN DE CONTINGENCIA EN LLAMADAS CORPORATIVAS INTRAOFICINA

El flujo de comunicaciones de voz que se muestra a continuación corresponde al funcionamiento en situación de contingencia en llamadas intraoficina, es decir, para llamadas dentro de una misma sede cuando no es posible atravesar la red de datos.

En este caso, la red MPLS se encuentra caída y no es posible alcanzar el Call Manager. Sin embargo, como se trata de una llamada entre terminales pertenecientes a la misma sede, no es necesario atravesar la red de datos, ya que el protocolo SRST<sup>40</sup> del EDC toma el control. Este equipo, conoce las rutas para los terminales de una misma sede y es capaz de reencaminar hacia el destino la llamada.

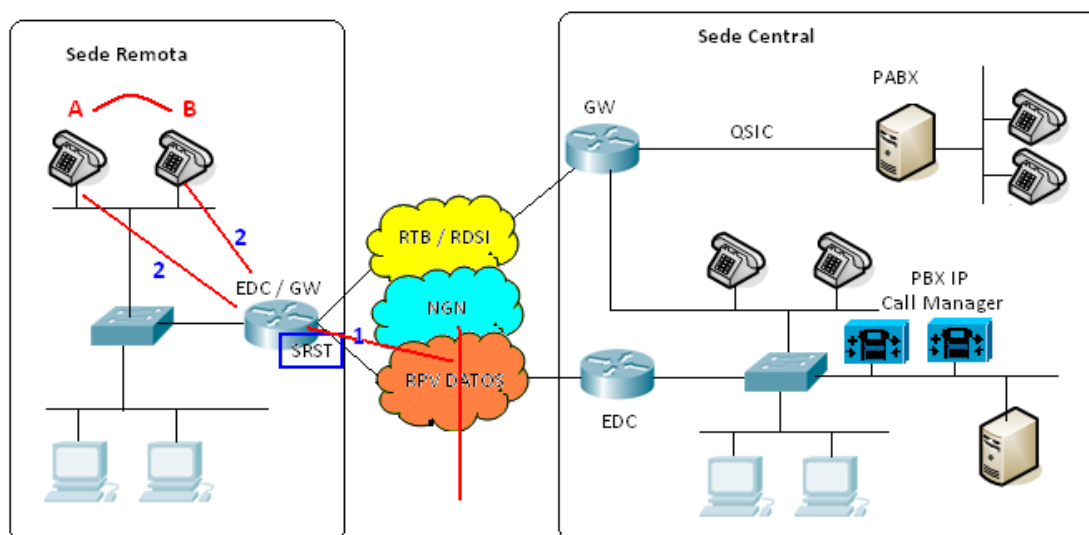


Ilustración 48: Flujos de Tráfico de Voz Intraoficinas en Situación de Contingencia

<sup>40</sup> SRST. Survivable Remote Site telephony. Ver capítulo 2 estado de la cuestión.

### 6.6.3 SITUACIÓN NORMAL EN LLAMADAS INTEROFICINA

El flujo de comunicaciones de voz que se muestra a continuación corresponde al funcionamiento normal en llamadas interoficina, es decir, para llamadas de una sede a otra dentro de la red de comunicaciones que se ha diseñado.

En este caso, la llamada producida desde un terminal de la sede, se dirigirá hasta el Call Manager. Para ello, atravesará la red de datos, al igual que si fuera un paquete normal, la única diferencia será en el caso de que exista congestión. En este caso, el paquete de voz será prioritario.

Al llegar al Call Manager, este encaminará la llamada hacia el destino. El Call Manager guarda la información de los terminales dados de alta en el sistema y es capaz de realizar el encaminamiento hacia rutas dentro de la red.

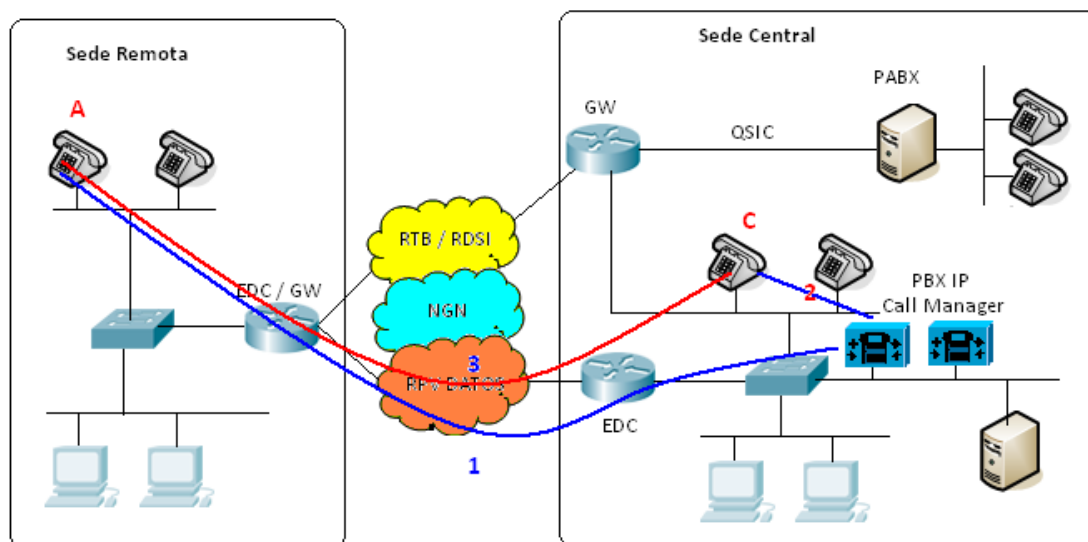


Ilustración 49: Flujos de Tráfico de Voz en Llamadas Interoficina

#### 6.6.4 SITUACIÓN DE CONTINGENCIA EN LLAMADAS INTEROFICINA

El flujo de comunicaciones de voz que se muestra a continuación corresponde al funcionamiento en situación de contingencia en llamadas interoficina, es decir, para llamadas desde una sede a otra dentro de la red que se ha diseñado, cuando no es posible atravesar la red de datos.

En este caso, la red MPLS se encuentra caída y no es posible alcanzar el Call Manager. Sin embargo, es posible alcanzar el destino a través de la red telefónica básica. Este escenario solo es posible si la sede cuenta con Gateway de salida directa a la RTB, caso de no contar con él, la llamada no sería posible. La llamada por tanto atraviesa la RTB y alcanza el Gateway donde se encuentra el Call Manager. Este último, reencamina la llamada hacia el terminal destino.

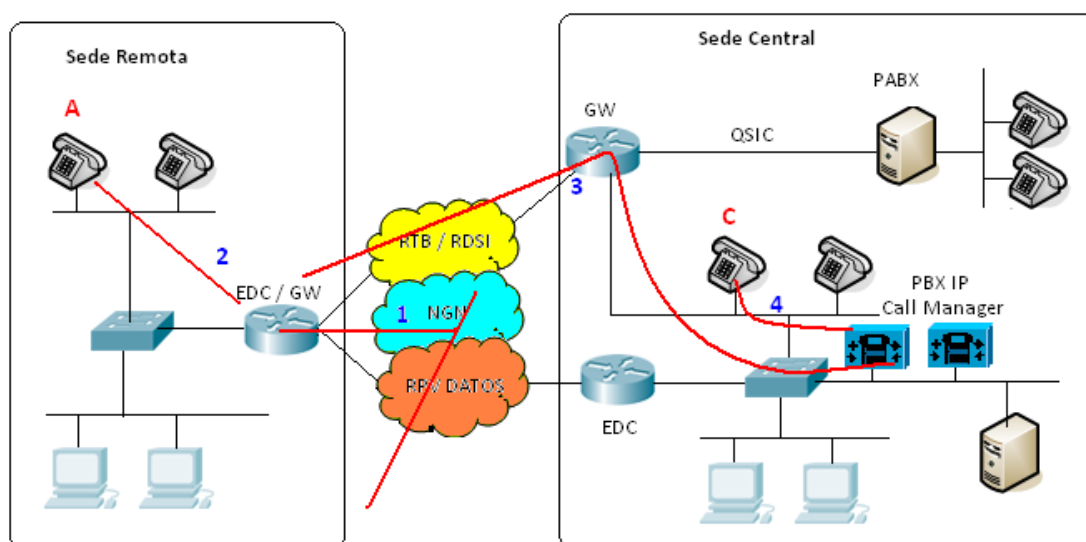


Ilustración 50: Flujos de Tráfico en Situación de Contingencia para Llamadas Interoficina

En este caso, la pérdida de conectividad con el Call Manager se debe a que la WAN está caída. Para cursar la llamada a través de la salida RDSI es necesario el consentimiento expreso del cliente, ya que al atravesar la red pública, la llamada será facturada.

### 6.6.5 SITUACIÓN NORMAL LLAMADAS OFF-NET

El flujo de comunicaciones de voz que se muestra a continuación corresponde al funcionamiento normal en llamadas dirigidas fuera de la red diseñada, es decir, para llamadas de una sede de la red hacia un terminal que no pertenece a nuestro cliente.

En este caso, la llamada atravesará la red de datos hasta el Call Manager. El Call Manager, al no reconocer el destino como un destino de la red del cliente, informará al Gateway correspondiente, que dirigirá la llamada hacia la red telefónica básica, que será la encargada de dirigir la llamada hasta el destino.

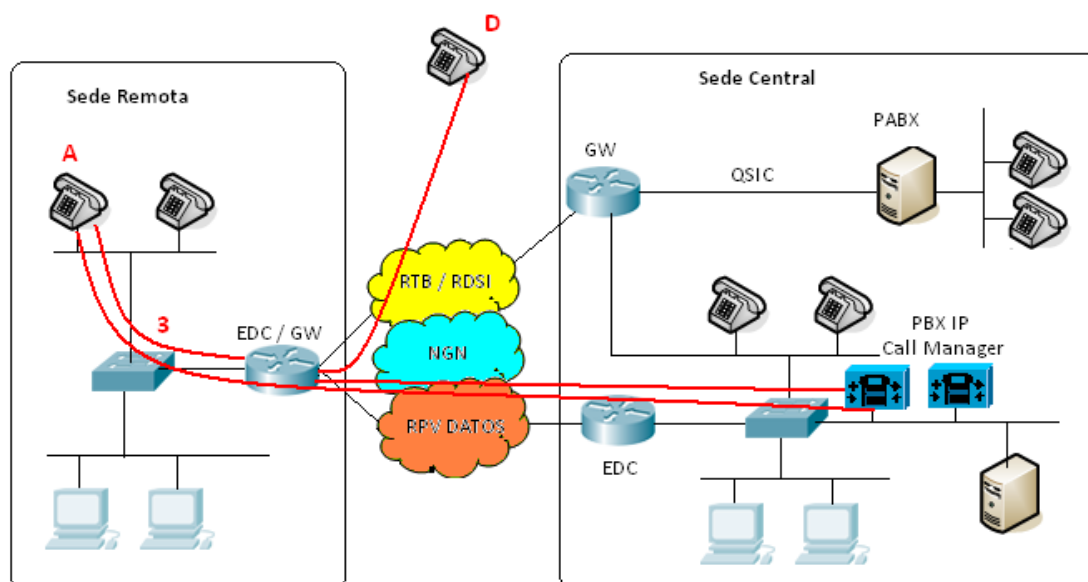


Ilustración 51: Flujos de Tráfico en Llamadas Off-Net

### 6.6.6 SITUACIÓN DE CONTINGENCIA EN LLAMADAS OFF-NET

El flujo de comunicaciones de voz que se muestra a continuación corresponde al funcionamiento en situación de contingencia en llamadas Off-Net, es decir, para llamadas desde una sede dentro de la red diseñada, hacia un terminal que no pertenece a la red del cliente.

En este caso, la red MPLS se encuentra caída y no es posible alcanzar el Call Manager. Sin embargo, es posible alcanzar el destino a través de la red telefónica básica. En este caso, como la red pública conoce directamente el destino, la llamada se cursa a través de la red pública directamente. Este escenario solo es posible si la sede cuenta con Gateway de salida directa a la RTB, caso de no contar con él, la llamada no sería posible.

En caso de caída de la NGN, se ofrecerá el sistema de back up de numeración. Este sistema permite que llamadas a números asociados a la conexión NGN sean desviadas a otro número. Estas facilidades del servicio NGN se aplican a números concretos, luego será el cliente quien decida a que usuarios le instala dicha facilidad.

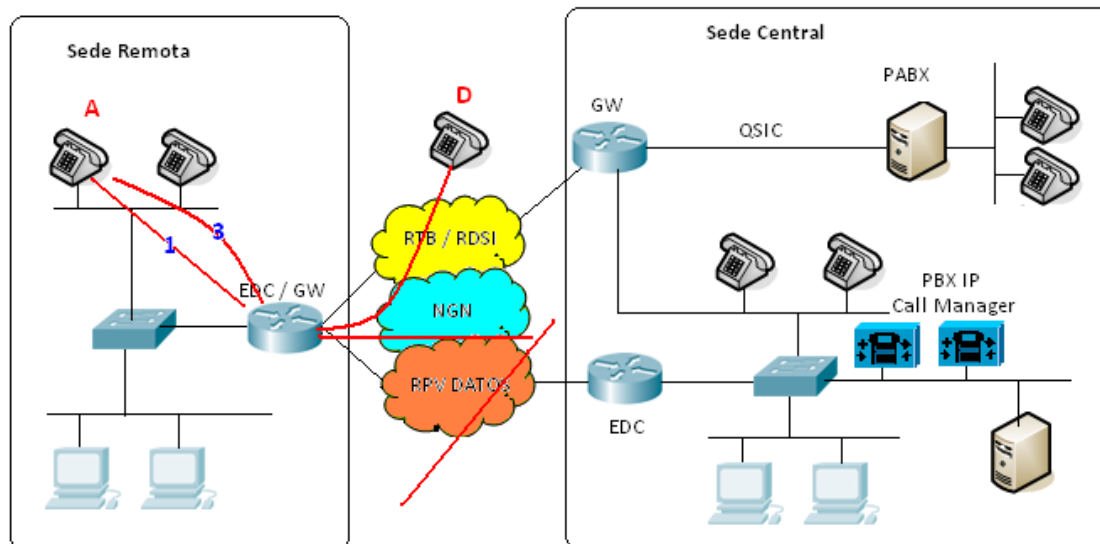


Ilustración 52: Flujos de Tráfico de Voz para Llamada Off-Net en Situación de Contingencia

### 6.6.7 CONVIVENCIA CON LA NGN

La red dispuesta durante el proyecto y que se ha presentado durante todo este documento está enfocada a usar la generación NGN como mecanismo principal para la salida hacia la red pública. Para ello, el servicio de accesos primarios virtuales de NGN ofrece una interfaz de acceso para sistemas como el que se ha diseñado.

Estas interfaces se ofrecen a los clientes a través de una interconexión entre la Red IP y la Red NGN para el servicio MacroLAN. En general, los servidores de RPV's están preparados para dotar de conexión con la NGN a estas interfaces. De esta manera, se pueden ofertar al cliente accesos primarios virtuales a clientes con redes privadas virtuales a través de accesos MacroLAN.

Con el sistema NGN interconectándose con la red del cliente por dicha interfaz, las direcciones privadas del cliente tienen que convivir con las direcciones públicas. Para ello, se define un plan de direccionamiento público que evita el solapamiento de direcciones IP y que permite el acceso de gestores de llamadas como los diseñados en este capítulo a los sistemas NGN.

En cuanto a la conexión de la red IP con la red NGN, se gestiona a través de un doble enlace en los PE's de la red IP y los Session Border Controller (SBC's). Estos SBC's, pertenecen a la NGN y se comportan como Proxy SIP para el tráfico de señalización, situados en el borde de la red IP. Se encargan de funcionalidades como la seguridad, el control de acceso o de resolver problemas de NAT.

La ilustración 53 muestra una llamada entre dos clientes dados de alta en el servicio NGN. En este caso se trata de dos terminales que pueden pertenecer a clientes distintos. La red NGN conoce la dirección de ambos terminales a través de sus redes privadas virtuales y es capaz de encaminar la llamada.

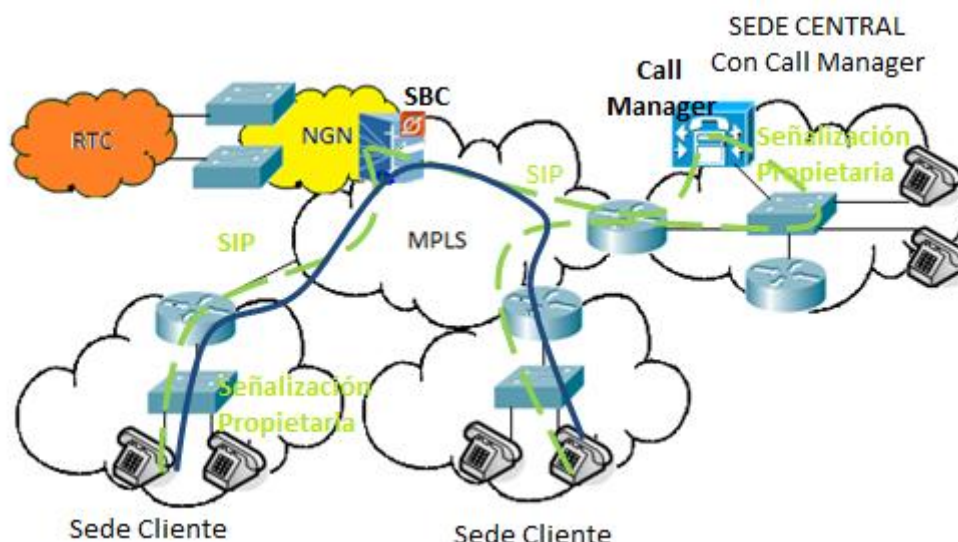


Ilustración 53: Flujos de Tráfico entre Dos Usuarios del Servicio NGN

La ilustración 54, muestra los flujos de señalización que se producen en llamadas a través de la NGN. Se puede apreciar como el SBC<sup>41</sup> es el que establece la comunicación entre los dos usuarios de la NGN. Una llamada que ocurra entre dos clientes del servicio NGN es externa a todos los efectos para la red, ya que conmuta en la red NGN, convirtiendo protocolos si fuera necesario y manteniendo la estanqueidad IP entre redes privadas virtuales diferentes.

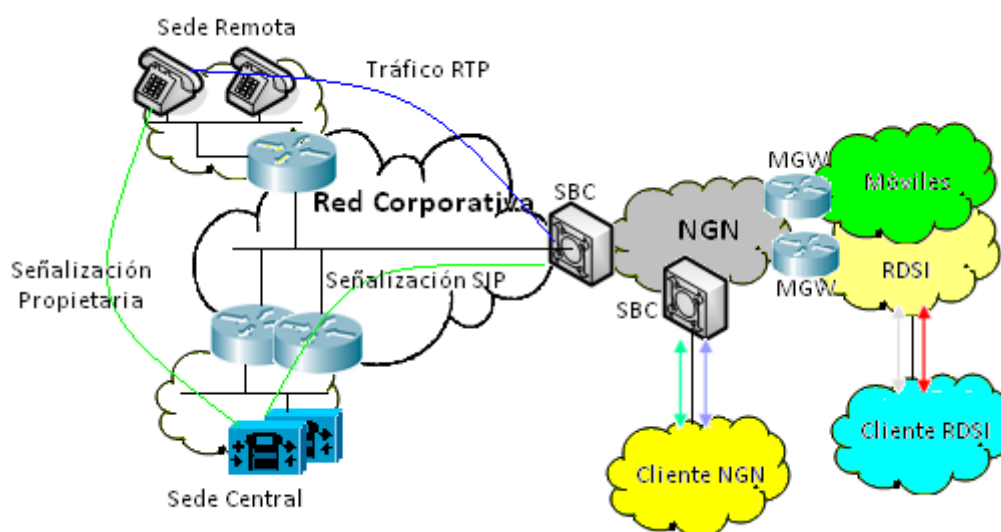


Ilustración 54: Flujos de Tráfico de Señalización en NGN

<sup>41</sup> SBC. Sesion Border Controler

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional



# CAPÍTULO 7

---

## PROCESO DE MIGRACIÓN

A pesar de que el despliegue de la migración excede los límites de este proyecto, centrado en el diseño de una solución de comunicaciones, se ha considerado importante introducir algunas nociones de dicho despliegue que afectan de manera indirecta al diseño de dicha solución.

### 7.1 PROCESO DE MIGRACIÓN DE RED DE VOZ Y DATOS

El proceso de migración de la red, se gestionará escalonadamente debido al gran tamaño que presenta la red del cliente. De esta manera, primero se establecerán las pasarelas de interconexión, encargadas de dar conectividad a las sedes nuevas con las sedes antiguas. Además, como se ha visto en el capítulo 6, estas pasarelas sirven de respaldo del servicio para sedes no migradas.

Seguidamente, se continuará migrando paulatinamente las sedes de mayor importancia. Se migraran estas antes que el resto de las sedes, ya que generan más tráfico, dotándolas así de mayor capacidad de comunicación.

Después, pasaremos a migrar el resto de sedes, comenzando por las sedes alojadas en las capitales de provincia, de las que podemos distinguir dos tipos:

- **Sedes en el Anillo (Toledo)**

No se esperará a migrar el anillo completo para no penalizar una sede a otra, sino que se irán migrando sedes según vayan saliendo las instalaciones.

El equipo LS1010 de las sedes en anillo, encargado de redirigir paquetes hacia el siguiente salto en el anillo<sup>42</sup>, no se apagará hasta que el anillo esté completamente migrado.

- **Sedes con GigaBitEthernet**

Su migración no afecta a ninguna de las otras sedes, ya que no hacen de puente entre otras sedes y el núcleo de la red. La migración se hará a petición del cliente en función de sus prioridades.

Las sedes pequeñas se migrarán siguiendo un orden de instalación en función de las necesidades del cliente.

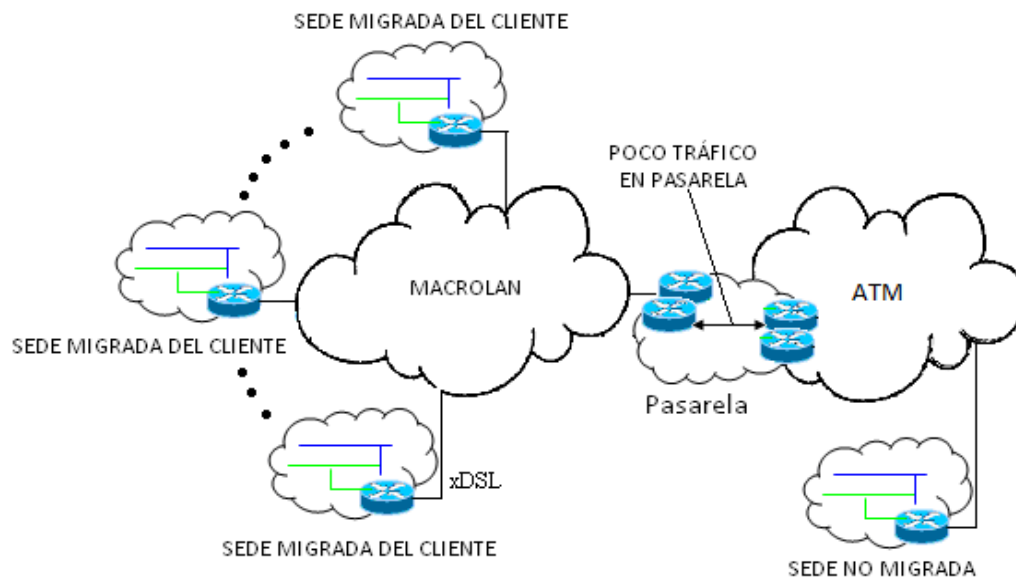
### 7.1.1 ELECCIÓN DEL CAUDAL EN LAS PASARELAS

El orden mostrado anteriormente, además de cumplir con el requisito básico de la continuidad de las comunicaciones durante el proceso de migración, está calculado para que en ningún caso ponga en peligro las comunicaciones por la pasarela entre el mundo migrado y el no migrado.

Si tomamos el caso extremo, en el que solo existe una sede migrada, el único tráfico que tenemos que tener en cuenta para el dimensionamiento de la pasarela es el tráfico que genera y recibe la sede que ha sido migrada, ya que será la única que necesite la pasarela para sus comunicaciones. Lo mismo pasará si ya todas las sedes han sido migradas excepto una.

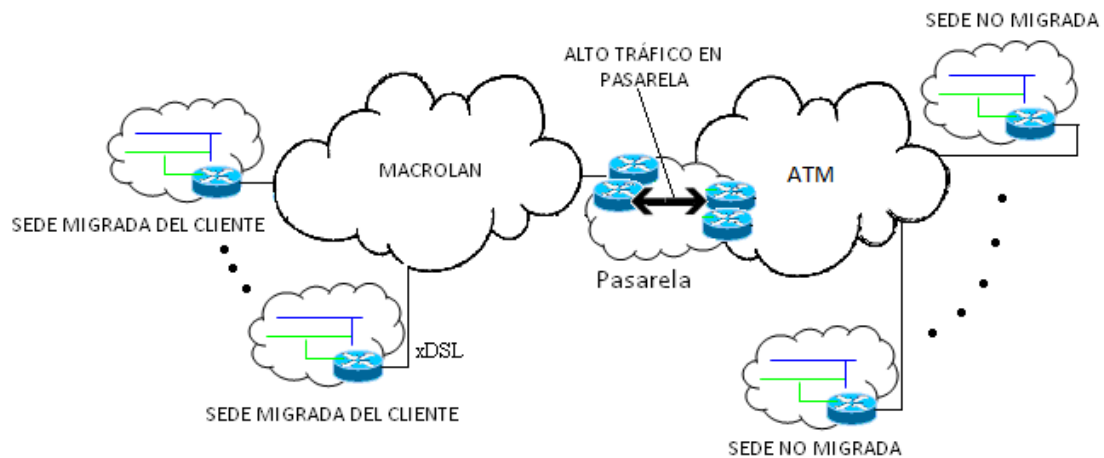
---

<sup>42</sup> Ver Capítulo 2 “Estado de la Cuestión” En el que se incluye la descripción de topologías en anillo.



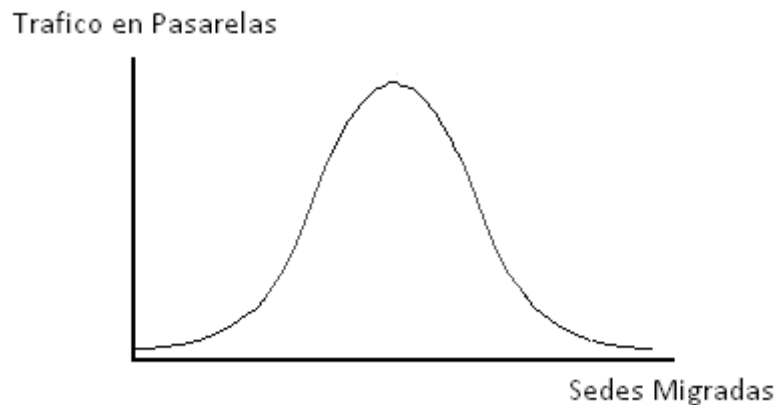
**Ilustración 55: Situación en la Red con Solo una Sede Migrada**

El caso contrario lo tenemos cuando justo la mitad de las sedes han sido migradas y la otra mitad no. En este punto es cuando las pasarelas de interconexión de los dos mundos necesitan mayor caudal.



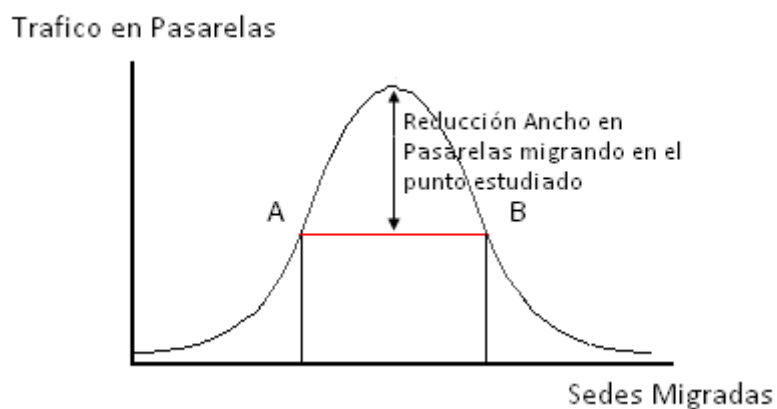
**Ilustración 56: Situación en la Red con el 50% de las Sedes Migradas**

De esta manera, el tráfico en las pasarelas en función del número de sedes migradas tendrá una forma similar a la que se muestra en la siguiente figura.



**Ilustración 57: Exponencial de Tráfico en las Pasarelas en Función de Número de Sedes migradas**

Podríamos tomar este caudal como el necesario en cualquier momento de la migración, sin embargo, si se elige cuidadosamente las sedes que se migran en cada paso, podemos llegar a una curva como la que se muestra en la siguiente figura, evitando tener que dimensionar un caudal de varios Gbps en las pasarelas.



**Ilustración 58: Reducción Tráfico en Pasarelas Migrando Ordenadamente**

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a Escala Nacional

Lo que estamos haciendo es migrar a la vez sedes que se tienen un amplio flujo de datos entre ellas, evitando así el incremento de caudal en las pasarelas que supondría migrarlas en momentos diferentes.

De esta manera, se ha determinado que el caudal de las pasarelas debe ser de 1 Gbps para cubrir las necesidades de comunicación del sistema en cualquier punto de la migración. En el capítulo 6 se vio el diseño del caudal de estas pasarelas. Estos cálculos se han realizado usando herramientas propias de la empresa que estiman el resultado en función del número de usuarios migrados por tanda y del tráfico generado históricamente por sede.

Estas herramientas calculan el ancho de banda en función del tipo de usuarios que pertenecen a cada sede. Los tipos de usuarios se traducen en un earlang distinto para cada grupo en función del tráfico medio que generan. Por ejemplo, un usuario normal tendrá un earlang de entre 0.08 y 0.16 mientras que si se trata de una operadora, el earlang medio calculado es de aproximadamente 0.5.

El tipo de sede también influye en la herramienta, ya que cada tipo de sede tiene una estimación de tráfico enviado y recibido diferente, lo que influirá en la cantidad de tráfico que cursará las pasarelas después de migrarla.

Además de esto, la herramienta tiene en cuenta la información de las llamadas entre sedes. Si entre dos sedes existe un histórico de tráfico muy alto, serán migradas al mismo tiempo, ya que de esta manera no sobrecargas las pasarelas.

Además, en la herramienta permite añadir otros criterios para que sean evaluados en el cálculo como pueden ser las diferentes curvas de tráfico en función del horario laboral y por sede. Con toda esta información, la herramienta calcula el volumen necesario en la pasarela para que no se sature, aunque requiere de una no despreciable habilidad y criterio personal en cada caso.

### 7.1.2 ACTORES DURANTE EL PROCESO DE MIGRACIÓN Y TRABAJOS RELATIVOS

Todo proceso como el que se ha descrito requiere la actuación y coordinación de muchas personas. Los roles más importantes que participarán en el proyecto se muestran a continuación.

- **Instaladores.** Personal de Telefónica que realiza la instalación física de los elementos que llevará la sede.
- **Centro de Gestión Personalizado - CGP.** Encargados del seguimiento de los pedidos, cargar plantillas de configuración, realización de pruebas y poner en servicio las Sedes.
- **Jefe de Proyecto.** Persona de Telefónica encargado de hacer seguimiento y coordinación de los trabajos realizados durante el proceso de instalación.
- **ATC.** Persona de Telefónica, que junto con el CGP y Jefe de Proyecto hace el seguimiento de las instalaciones.
- **Instalador Externo.** Empresa encargada de realizar la segunda visita a la sede, realizar los trabajos de intercambio de acceso y realizar junto con el CGP las pruebas de funcionamiento.
- **Cliente.** Persona del cliente encargada de coordinar junto con el Jefe de Proyecto, CGP e Instalador Externo las actuaciones de las sedes.

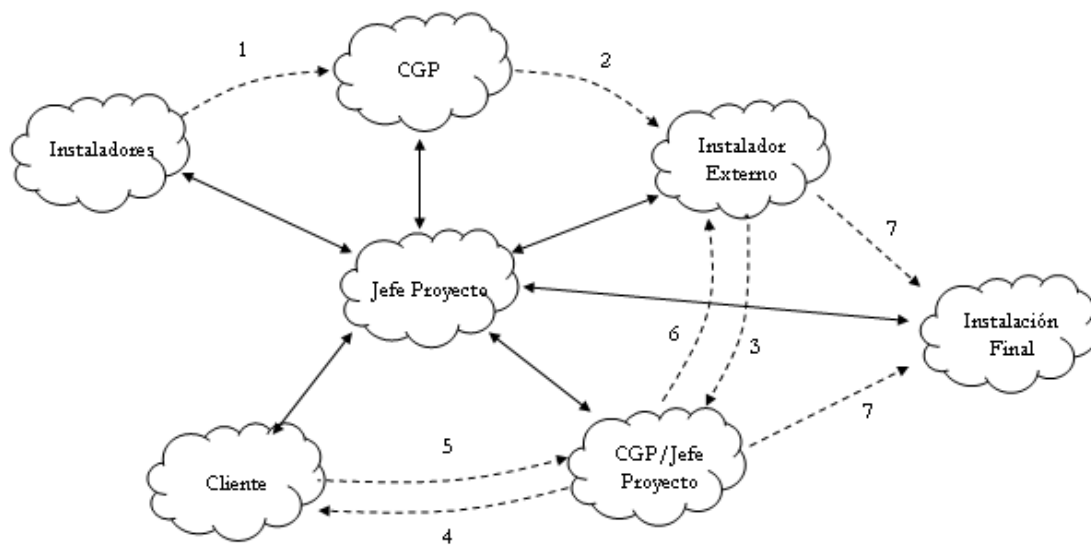
#### 7.1.2.1 TRABAJOS A REALIZAR

Esta información es referente a la actuación de cada uno de los actores cuando se dé paso al proceso de migración y están supeditados a la aprobación del proyecto.

- Los instaladores contactan con el CGP para verificar que los equipos están encajados, conectados, alimentados y dispuestos para su utilización.
- El CGP confirma que el equipo es “alcanzable” por el equipo de gestión.
- Los instaladores proceden al corte en los equipos de la Red Antigua.

- El CGP carga los datos necesarios en los nuevos equipos para que la sede comience a anunciar sus rutas.
- El Instalador hace el cambio de LAN.
- Pruebas sobre Voz y Datos. Se han definido previamente por el equipo un batería de pruebas a ejecutar.
- Se documenta en estado de los Racks.
- Firma de la Instalación por los actores participantes.

La ilustración 59 muestra, a modo de resumen, la interacción entre los actores.



**Ilustración 59: Figuras Presentes en la Migración**

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional



# CAPÍTULO 8

---

## PRESUPUESTO

El presupuesto que se presenta en este capítulo se refiere exclusivamente al coste que presenta el esfuerzo para realizar un estudio técnico como el descrito a lo largo de esta memoria. En ningún caso se refiere al coste de ningún equipo de red, acceso o instalación. En resumen, se describe el coste del estudio a nivel personal, tomado como si dicho estudio hubiera sido realizado por una única persona.

### 8.1 COSTE DEL MATERIAL

El coste del material que se expone en esta sección se refiere únicamente al material usado para el estudio y desarrollo de la presente memoria.

- **Entorno de Trabajo:**

El grueso del proyecto se ha realizado en el entorno de Telefónica, usando las dependencias e instalaciones de la empresa. Se calcula que el gasto mensual medio por persona en forma de espacio, climatización, luz, agua, y otros aspectos de acondicionamiento asciende a 100 euros por mes.

- **Equipo Informático:**

El equipo informático proporcionado para el desarrollo del estudio plasmado en esta memoria tiene un precio de mercado de unos 900 euros. La depreciación que se suele aplicar a maquinas de este tipo es de un 20 % por año. Por tanto, el valor residual del aparato después de 6 meses de ejercicio es de unos 810 euros. Se incluirán por tanto 90 euros en los costes del proyecto en concepto de equipo informático.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

- **Licencias Software:**

El sistema operativo instalado en el equipo informático en el que se ha realizado el proyecto es Windows XP Professional de Microsoft en su versión Service Pack 3. El coste de este software es de 220 euros al año, con lo que durante los 6 meses de ejercicio, implica un coste en concepto de software de 110 euros. Con la licencia de este software se incluyen todas la herramientas necesarias que implican coste.

- **Material de Oficina:**

En cuanto al material de oficina usado durante el proyecto, se asume que su coste va implícito en el coste de 100 euros en concepto de *Entorno de Trabajo*.

Concepto	Coste	Cantidad	Total
Entorno de Trabajo	100 € / mes	6 meses	600 €
Equipo Informático	90 €	1	90 €
Licencias Software	18,33 € / mes	6 meses	110 €
Material de Oficina	-	-	-
<b>Total sin IVA</b>			<b>800 €</b>
<b>Total con IVA (16 %)</b>			<b>928 €</b>

## 8.2 COSTE DE HONORARIOS

La duración del proyecto ha sido de 6 meses. En cuanto a la dedicación diaria hacia el mismo, se puede considerar una jornada completa de 8 horas, ya que aunque no durante toda la jornada se ha dedicado a la realización de la memoria, si han sido necesarias muchas horas de estudio y análisis previo para completar la misma.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Una dedicación de 8 horas al día por 5 días a la semana durante 6 meses se traduce en un total de 960 horas. En este periodo se incluyen únicamente las horas dedicadas a realizar el estudio y la memoria, no correspondiéndose con el coste de la realización del proyecto real en el que intervienen decenas de personas con roles muy diferentes.

En cuanto a los honorarios de un ingeniero, estos responden a acuerdos de libre mercado respondiendo a acuerdos comerciales entre particulares y profesionales. En el pasado, el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones publicaba a modo orientativo los honorarios que debía cobrar un ingeniero por hora. Con la nueva normativa europea, los colegios han dejado de publicar dicha información, con lo que para el cómputo del coste humano del proyecto no podemos usar una información actualizada. Tomaremos una referencia anterior para dicho cálculo en la que se estipulaba un coste de 75 euros por hora de ingeniero.

Por otra parte, el coste de un director de proyecto se estima en un 7% del coste total del proyecto. En este caso existirán dos directores, uno por parte de la empresa y otro por parte de la universidad.

La siguiente tabla resume los costes debido a los honorarios de las partes descritas.

Concepto	Coste	Cantidad	Total
Ingeniero de Proyecto	75 € / Hora	960 horas	72.000 €
Director de Proyecto 1	7%	72.000 €	5.040 €
Director de Proyecto 2	7%	72.000 €	5.040 €
<b>Total sin IVA</b>			<b>82.080 €</b>
<b>Total con IVA (16 %)</b>			<b>95.210,80 €</b>

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

### 8.3 PRESUPUESTO TOTAL

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, el precio total para el proyecto completo se resume en la siguiente tabla.

Concepto	Coste
Total Material	928 €
Total Honorarios	95.210,80 €
<b><i>Total Proyecto</i></b>	<b><i>96.138,80 €</i></b>

# CAPÍTULO 9

---

## HISTORIA DEL PROYECTO

El presente proyecto se ha realizado durante los seis meses de prácticas en Telefónica España, en el periodo comprendido entre noviembre de 2011 y abril de 2012.

Durante estos seis meses, se han abordado diferentes trabajos, con el fin de ayudar a la consecución de un objetivo mayor en el que están involucradas muchas personas de diferentes áreas.

El desarrollo del proyecto se ha dividido en fases, con distintos objetivos cada una. Estas fases han ido cubriendo las expectativas de desarrollo profesional de una persona que se incorpora al sector de las telecomunicaciones. La complejidad de dichas fases ha ido aumentando paulatinamente, comenzando con una fase de adaptación a la empresa, y acabando por realizar funciones complejas, similares a las de cualquier ingeniero de la empresa.

### 9.1 FASE 1: FAMILIARIZACIÓN CON LA EMPRESA

Como ya se ha mencionado en múltiples ocasiones, el proyecto se ha realizado en Telefónica de España. Esta multinacional española cuenta con miles de trabajadores en España y muchos más en el resto de países del mundo en los que se encuentra. Durante las primeras semanas después de la incorporación a la empresa, es imprescindible tomar contacto con la organización global de la compañía y la interrelación entre las diferentes áreas que componen la empresa.

Para que la incorporación a la dinámica de trabajo no sea tan tediosa, la empresa organiza charlas con los recién incorporados. Estas charlas permiten a los novatos encuadrar sus funciones dentro del sector al que se van a incorporar y su sector dentro de la compañía.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

Además de conocer donde se ubica el sector al que accede el recién llegado, es importante conocer las labores de cada dirección y los límites del trabajo que se va a realizar. Estos límites marcan además, las interrelaciones entre áreas y direcciones, ya que donde acaba el trabajo de unas áreas, comienza el trabajo de las otras.

Una vez que se ha comprendido cómo funciona la empresa, se pasa a la siguiente fase, en la que se empieza a profundizar sobre el trabajo que desarrolla el área en la que el novato se incorpora.

## **9.2 FASE 2: FAMILIARIZACIÓN CON LOS SERVICIOS DE TELEFÓNICA**

La fase 2 está en realidad solapada con la fase 1, ya que la organización de Telefónica está en constante evolución y reestructuración. Este hecho hace que las charlas sobre la estructura y sobre las interrelaciones entre áreas sean frecuentes.

Durante la segunda fase de las prácticas, se comenzó la familiarización con los productos de Telefónica con los que se ha trabajado durante el resto del proyecto. Estos productos y servicios son específicos del área de trabajo dentro de la compañía y su estudio, a través de cursos impartidos en la empresa, permiten al recién incorporado acercarse al trabajo del día a día de sus compañeros.

Al igual que en ocurre con la organización de la empresa, los servicios no son invariantes en el tiempo, sino que se van adaptando a avances tecnológicos y a los cambios en las necesidades de los usuarios. Esto hace que sea esencial la realización periódica de cursos sobre las modificaciones y nuevas funcionalidades de dichos productos.

### **9.3 FASE 3: FAMILIARIZACIÓN CON EL PROYECTO**

Una vez conocida la estructura organizativa de la empresa, y la familiarización con los productos disponibles en el área de trabajo en el que se ha realizado el proyecto, se comenzó la participación en el proyecto concreto.

Para ello, se comenzó conociendo al equipo de trabajo, en el que participan diferentes personas con diferentes roles, entre las que se encuentran ingenieros, comerciales, instaladores, jefes de proyecto, así como otras personas de empresas externas a Telefónica.

Además, se realizó un estudio pormenorizado de la documentación existente sobre el proyecto. Esta documentación cubría los diseños realizados sobre la red inicial y los diseños que se habían realizado sobre la migración hasta el momento. Junto con estos estudios, se analizó la situación de las secciones de la red que habían sido implantadas con el objetivo de tener una visión global de la situación del proyecto.

### **9.4 FASE 4: INTRODUCCIÓN AL DÍA A DÍA DEL PROYECTO**

La incorporación al día a día del proyecto se hizo paulatinamente y comenzando con trabajos pequeños y rutinarios, para después avanzar hacia tareas más complejas. En esta fase se comenzó a asistir a reuniones con el cliente, con suministradores de hardware e instaladores, así como a reuniones internas para definir la estrategia a seguir en el proyecto.

El contacto humano ha sido fundamental en el desarrollo de la actividad del proyecto. El apoyo en compañeros con más experiencia y la ayuda prestada por los mismos para comenzar a trabajar en el proyecto ha sido esencial.

## 9.5 FASE 5: INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE REDES

En esta fase se aprendió inicialmente a realizar la tramitación de diseños realizados por otros ingenieros. Una vez conocida la manera de trabajar en este tipo de circunstancias, se comenzó a diseñar redes para el proyecto que nos incumbe.

Para el diseño de redes realizado durante el proyecto se han seguido los siguientes pasos:

- Reuniones con el cliente para el análisis de las necesidades la sede a migrar.
- Estudio pormenorizado de la red inicial a migrar.
- Diseño de la nueva red que cumpla los requisitos definidos.
- Diseño de la migración de la red inicial a la red final para evitar cortes o aislamientos en las comunicaciones de la sección de red migrada.

Esta fase del proyecto ha sido la que mayor dificultad ha tenido, ya que es la que mayores conocimientos técnicos requiere. A esta tarea es a la que más tiempo se ha dedicado ya que el diseño es la tarea fundamental de los ingenieros del área en la que se ha realizado el proyecto.

## 9.6 FASE 6: INTRODUCCIÓN A LA IMPLANTACIÓN DE REDES

A pesar de que la fase de diseño es a la que más tiempo se ha dedicado y se dedica en este tipo de proyectos, la labor del ingeniero no concluye con el diseño de la red. En general, el trabajo del ingeniero requiere la realización de tareas completas y el seguimiento durante toda la vida del proyecto.

Estas tareas han incluido, además del diseño mostrado en la fase anterior, la tramitación e implantación de los diseños. Durante la fase de implantación se realizaron las tareas de seguimiento de la instalación y el control del correcto funcionamiento de todos los elementos implantados. Además, en esta fase se realizó también el seguimiento de las incidencias que se fueron sucediendo durante el despliegue de la red.



## 9.7 OPINIÓN PERSONAL

La posibilidad de participar en la migración de una red de las dimensiones a la que nos hemos enfrentado me ha resultado muy interesante. La incorporación al grupo de ingenieros dedicados a proyectos de grandes empresas me ha permitido empezar a conocer la manera de trabajar con las redes y con los sistemas de telecomunicaciones que había estudiado durante la carrera.

El principal problema con el que me he encontrado ha sido el elevado nivel de conocimientos tanto técnicos como de gestión que requiere el manejo de un proyecto como este. Los productos que se han utilizado para el proyecto son particularizaciones de tecnologías estudiadas en los años de carrera, pero la forma de utilizarlas requiere el estudio y análisis de las posibilidades que permite los productos de Telefónica que se basan en dichas tecnologías. Además, la gestión y el trato con personas de diferentes sectores, con diferentes intereses, es a veces difícil y dura.

Lo más interesante de todo el proyecto ha sido la experiencia personal. Este proyecto me ha permitido acercarme a la realidad del sector de las telecomunicaciones, y hacerlo en un proyecto muy ambicioso. Además, la visión de una compañía como Telefónica desde dentro, me ha hecho madurar la situación del mercado de las telecomunicaciones desde una posición diferente a la del usuario.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

# BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] J. M. HUIDOBRO, Sistemas de Telefonía, THOMSON PARANINFO, S.A., 2002.
- [2] Á. Torres, De las señales de humo a las redes de información y a las actividades por internet., Colombia: Colección Telecomunicaciones, 2007.
- [3] R. Carroll, «Bell did not invent telephone, US rules,» *The Guardian*, 2002.
- [4] J. Abbate, «Inventing the Internet,» *MIT Press, Cambridge*, pp. pp. 36-111, 1999.
- [5] J. E. O. Arthur Norberg, «Transforming Computer Technology: Information Processing for the Pentagon,» *Johns Hopkins University*, 1996, pp. pp. 153-196, 1962-1982.
- [6] B. a. N. Bolt, A History of the ARPANET: The First Decade, 1981.
- [7] T. E. Committee, «TELECOMMUNICATIONS IP TELEPHONY EQUIPMENT VOICE QUALITY RECOMMENDATIONS FOR IP TELEPHONY,» [En línea]. Available: Global.ihs.com. [Último acceso: 2012].
- [8] N. Muller, Desktop Encyclopedia of Telecommunications., New York: McGraw-Hill, 2002.
- [9] J. Stevens, «kadiak,» [En línea]. Available: <http://www.kadiak.org/tel/1a2.html>.
- [10] E. C. Chung, *The implementation of a personal computer-based digital facsimile information distribution system*, Ohio University, Electrical Engineering (Engineering), 1991.
- [11] Z. Craig, Redes. Manual de Referencia, Mc Graw Hill.
- [12] R. Metcalf, «Ethernet Prototype Circuit Board,» *Smithsonian National Museum of American History*, 1973.
- [13] L. Wood, «The LAN turns 30, but will it reach 40?,» *Computerworld.com*, 2008.
- [14] A. S. Tanenbaum, Redes de Computadoras, 2011.
- [15] D. Groth, Network+ Study Guide, Sybex, 2005.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

- [16] B. Bicsi, Network Design Basics for Cabling Professionals, McGraw-Hill Professional, 2002.
- [17] S. T. E. Inc, Networking Complete, San Francisco: Sybex, 2002.
- [18] S. McQuerry, CCNA self-study: Interconnecting Cisco Network Devices, Cisco Press, 2003.
- [19] B. ". B. I. P. S. Stewart, «"Paul Baran Invents Packet Switching",» *living Internet*, 2000.
- [20] D. a. M. V. Minoli, ATM and Cell Relay Service for Corporate Environments., New York: McGraw-Hill.
- [21] I. Cisco Systems,  
«[http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12\\_0s/feature/guide/fsatom26.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_0s/feature/guide/fsatom26.html),» 29  
Noviembre 2011.. [En línea]. [Último acceso: 2012].
- [22] C. Hornig, «Un estándar para la Transmisión de Datagramas IP sobre Redes Ethernet,» Symbolics Cambridge Research Center, Cambridge, 1984.
- [23] J. Postel, «Internet Protocol,» Information Sciences Institute, Marina del Rey, California .
- [24] U. D. Black, «ATM—Volume III: Internetworking with ATM,» Prentice Hall. ISBN 0-13-784182-5. , Toronto, 1998.
- [25] M. Prycker, «Asynchronous Transfer Mode. Solutions for Broadband ISDN.,» Prentice Hall, 1993.
- [26] J. G.Corrall, «ADSL y MPLS,» Editorial Ingeniería La Salle. , Madrid, España, 1997.
- [27] J. ARBERÁ, «MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI.,» *Actas del V Congreso de Usuarios de Internet. Mundo Internet 2000*, 2000.
- [28] E. Rosen, «Multiprotocol Label Switching Architecture,» Cisco Systems, Inc., 2001.
- [29] G. M. J.-N. M. Daniel Hardy, Basic principles of SDH Networks: internet, telephony, multimedia : convergences and complementarities By.
- [30] M. Feilner, "VPN—Virtual Private Network". OpenVPN: Building and Integrating Virtual Private Networks: Learn How to Build Secure VPNs Using this Powerful Open Source Application., Packt Publishing.

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional

- [31] L. Phifer, «Mobile VPN: Closing the Gap,» *SearchMobileComputing.com*, 2006.
- [32] A. Willett, «Solving the Computing Challenges of Mobile Officers,» *officer.com*, 2006.
- [33] R. Cheng, «Lost Connections,» *The Wall Street Journal*, 2007.
- [34] wikiutil, «wikiutil,» [En línea]. Available: <http://wikiutil.com/219596-El-papel-de-las-redes-convergentes-de-comunicaci%C3%B3n>. [Último acceso: 2012].
- [35] I. C. Union, «International Communication Union,» [En línea]. Available: [http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ngn2004/working\\_definition.html](http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ngn2004/working_definition.html). [Último acceso: 2012].
- [36] Ecma-International, «Enterprise Communication in Next Generation Corporate Networks (NGCN) involving Public Next Generation Networks (NGN) (también ISO/IEC DTR 26905 y ETSI TR 102 478),» *Ecma-International*, 2005.
- [37] CISCO, «CISCO SOLUTION CENTER,» [En línea]. Available: [http://www.cisco.com/en/US/docs/net\\_mgmt/vpn\\_solutions\\_center/1.1/user/guide/VPN\\_UG1.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/net_mgmt/vpn_solutions_center/1.1/user/guide/VPN_UG1.html). [Último acceso: 2012].
- [38] CISCO, «Cisco Unified Survivable Remote Site Telephony Version,» [En línea]. Available: [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/vcallcon/ps2169/data\\_sheet\\_c78-570481.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/vcallcon/ps2169/data_sheet_c78-570481.html). [Último acceso: 2012].
- [39] K. Sollins, «THE TFTP PROTOCOL (REVISION 2),» Network Working Group, 1992.
- [40] CISCO, «HSRP Group Limitation on Catalyst 3550 FAQ,» [En línea]. Available: [http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps646/products\\_qanda\\_item09186a00801cb707.shtml](http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps646/products_qanda_item09186a00801cb707.shtml).
- [41] CISCO, «CISCO data\_sheet\_c78-570481,» [En línea]. Available: [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/vcallcon/ps2169/data\\_sheet\\_c78-570481.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/vcallcon/ps2169/data_sheet_c78-570481.pdf).

Universidad Carlos III de Madrid

Diseño de Red Convergente MPLS para la Migración de una Red de Telecomunicaciones a  
Escala Nacional